APPUNTI DI ELETTRONICA

VOL. 5

Supplemento al n. 1 di SPERIMENTARE
Sped. in Abb. Postale Gruppo III/70

CIRCUITI ELEMENTARI
Trasduttori elettrici lineari passivi e reattivi

STRUTTURA DELL'OPERA

Questo libro è costituito da una raccolta di fogli che trattano ciascuno un solo argomento come risulta dalla intestazione unificata.

L'argomento trattato su ogni singola pagina, viene esaurito nella stessa pagina.

In questo modo si evita che le figure possano trovarsi in pagine diverse da quelle del testo e perciò la lettura viene facilitata.

CARATTERISTICHE

Il libro può essere trasformato in una raccolta di fogli mobili semplicemente staccandoli dal dorso, forandoli opportunamente e raccogliendoli in apposita copertina con anelli che si trova in qualsiasi cartoleria.

Questo sarà opportuno farlo:

1) — qualora il lettore intendesse aggiungere suoi appunti
2) — qualora il lettore volesse inserire dei cartoncini separatori per facilitare la ricerca e per meglio suddividere i capitoli
3) — per inserire eventuali fogli aggiuntivi che nel futuro venissero pubblicati
4) — per poter effettuare confronti di analogie con altri fogli della raccolta.

A questo scopo si segnala che il codice decimale di collocazione, posto accanto alla testata unificata, vuole ottenere lo scopo di permettere l'inserzione di fogli senza interferire sulla struttura stessa della pubblicazione.

Il lettore può dotare di linguette sporgenti con il richiamo del codice ogni foglio relativo ai vari indici.

In questo modo si facilita la ricerca e la consultazione.

Non si è voluto predisporre questo vantaggio in sede redazionale per non rendere troppo costoso ogni volume.

METODO DI SPIEGAZIONE

Si è voluto dare alle figure un valore preponderante usando il testo come ausiliario esplicativo delle stesse.

Questo metodo, che si allontana dall'ortodossia tradizionale, è stato gradito dai lettori della precedente esperienza editoriale (v. introduzione al vol. 1°).

Essi hanno riconosciuto in questo metodo una forza comunicativa notevole e molto più vicina a quella della viva voce dell'insegnante che spiega alla lavagna dialogando con gli allievi.

Vorremmo che il lettore apprezzasse quanto questo metodo abbia richiesto maggior dedizione da parte dell'autore e della Redazione e maggiori costi da parte dell'Editore.

CONTRASSEGNI SULLE PAGINE

I contrassegni riportati sulle pagine in alto a destra hanno il seguente scopo:

nessun contrassegno	pagine sufficienti per coloro che vogliono accontentarsi di una conoscenza superficiale.
una stella ★	pagine destinate a coloro che desiderano una maggior conoscenza della materia, ma non possono essere trascurate dai lettori delle sole pagine senza contrassegno per quanto riguarda le conclusioni.
due stelle ★★	pagine destinate solo a coloro che desiderano un maggior approfondimento.

CRITERIO DI NUMERAZIONE DECIMALE DEI FOGLI

A) SUDDIVISIONE

L'opera è suddivisa in	10 sezioni
Ogni sezione è suddivisa in	10 capitoli
Ogni capitolo è suddiviso in	10 paragrafi
Ogni paragrafo è suddiviso in	10 argomenti

B) CODICE DI NUMERAZIONE DELLE PAGINE DI TESTO

Normalmente ogni foglio è individuato da un

codice di quattro cifre

suddivise in due gruppi di due cifre
(due cifre intere e due cifre decimali)

Le due cifre intere sono stampate in corpo maggiore per evitare confusioni → **12.345** ← Una quinta cifra può esistere se si vuole suddividere ulteriormente il soggetto relativa alla cifra recedente

Ogni cifra si riferisce ad una suddivisione del soggetto relativo alla cifra precedente.

C) ESEMPIO:

Il foglio intitolato: "Analisi armonica delle forme d'onda rettangolare" appartiene alla

Codice **10.51** pag. **1**

Sezione **1** del piano dell'opera (Grandezze fondamentali)

Capitolo **10** (Nozioni preliminari)

Paragrafo **10.5** (Analisi delle oscillazioni)

Argomento **10.51** (Onda quadra)

Indicazione della pagina
relativa al medesimo numero di codice

BIBLIOGRAFIA

— LIBRI —

Abbreviazione	Autore	Titolo	Editore
Mondani	F. Mondani	Elementi di elettronica e di elettrotecnica	Trevisini 1966
Cupido	A. Cupido G. Lotti	Esercizi di Elettronica generale	Tecno Editrice Fermo 1975
Jacobowitz EMS	H. Jacobowitz	Electronics made simple	W.H. Allen London 1965
Giometti	R. Giometti F. Frascari	Elettrotecnica Elettronica Radiotecnica	Calderini 1973 1974
MdE	Elektor	Manuale dell'Elettronico	J.C.E. 1983

— RIVISTE —

Sigla		Editore
S.P.	Sperimentare	J.C.E.
S.E.	Selezione Radio TV	J.C.E.
E.O.	Elettronica Oggi	Jackson

INDICE ANALITICO

Avvertenza

Ricordando il criterio di codificazione espresso in **00.**01-2

se l'indicazione è rappresentata con:		significa che la voce cercata è trattata:
una sola cifra	(es.: 1)	nell'intera **sezione** relativa alla cifra indicata
due cifre	(es.: 12)	nell'intero **capitolo** relativo alle cifre indicate
tre cifre	(es.: 13.7)	nell'intero **paragrafo** relativo alle cifre indicate
quattro cifre	(es.: 12.42)	nell'intero **argomento** relativo alle cifre indicate
cinque cifre	(es.: 13.24-1)	nella **pagina** relativa alle cifre indicate

30.12-6	Adattatori di impedenza
30.03-3	Altoparlanti (simboli grafici)
30.03-4	Antenne (simboli grafici)
30.12-6	Approssimazioni nei calcoli
31.1	Attenuazione (v. singoli circuiti)
30.03-3	Batterie (simboli grafici)
30.03-4	Cablaggi (simboli grafici)
31.03-2	Calcolatori (simboli componenti)
31.02	Calcolo grafico
31.01-2	Caratteristiche fondamentali di un circuito
30.11	Circuiti
31.2	— costituiti da due elementi lineari in parallelo
31.1	——————— in serie
30.1	— e operatori
30.11-1	— definizione
30.02-2	— (criteri di tracciamento)
31.19	Circuito CC
31.18	— CL
31.17	— CR
31.16	— LC
31.15	— LL
31.14	— LR
31.13	— RC
31.12	— RL
31.11	— RR
31.29	— C + C
—	— C + L (non trattato)
—	— C + R (non trattato)
31.26	— L + C
31.25	— L + L
—	— L + R (non trattato)
31.23	— R + C
31.22	— R + L
31.21	— R + R
30.03-4	Collegamenti di massa (simboli grafici)
30.12-5	— fra operatori
30.11-2	— in parallelo
30.11-1	—— serie
30.11-2	— misti
30.03-1	Componenti a semicond. (simboli grafi)
30.02-1	Comunicazione fonte di progresso
30.02-1	Comunicazione tecniche
30.03-3	Condensatori (simboli graf.)
30.01	Conoscenza della materia
30.12-6	Corrente di accoppiamento
30.03-3	Cristalli piezoelettrici (simboli graf.)
30.02	Criteri di comunicazione
30.02	— di esposizione grafica
30.01-1	— — progettazione di un circuito
30-02-2	— tracciamento circuiti
30.03-3	Cuffie (simboli grafici)
31.20-1	Elementi parallelo
30.02-3	Esposizione grafica
31-01-4	Fascino e raccomandazioni
31.01	Fisionomia del trasduttore passivo
30.03-3	Fusibili (simboli grafici)
30.03-4	Generatori (simboli grafici)
31.10-4	Impedenza coniugata
31.1	— di entrata (v. singoli circuiti)
31.1	— — uscita (v. singoli circuiti)
30.03-2	Indicatori a LED (simboli graf.)
30.03-3	Induttori (simboli grafici)
31.02-3	Influenza del carico
31.02-4	— — — (calcolo grafico compl.)
30.03-4	Jack (simboli grafici)
30.13-4	Kirchhoff per correnti alternate (principio)
30.13-3	— — — continue (principio)
30.13-2	— — tensioni alternate (principio)
30.13-1	— — — costanti (principio)
30.03-3	Lampadine (simboli grafici)
30.03-2	LED a 7 segmenti (simboli graf.)
30.02-3	Linea di condotta
30.11-3	Maglie
30.03-4	Massa (simboli grafici collegamenti)
30.03-4	Microfoni (simboli grafici)
31.1	Modelli di calcolo grafico (v. circuiti singoli)
30.11-3	Nodi
30.14-4	Norton per corrente alternata
30.14-3	— — — continua
30.02-2	Operatore attivo
30	—
30.12-2	— passivo
31.01	— — (fisionomia)
30.12	Operatori
30.12-5	— completi
30.12-5	— elementari
30.12-2	— elettrici
30.12-2	— elettronici (classificazione)
31	— passivi e reattivi
30.12-4	Partitore di corrente
30.12-4	— — tensione
31.01-2	— — tensione
31.02-1	— — — con resist. variabile
31.02-2	— — — in c.c. e c.a.
30.11-4	Potenziometro (influenza generatore)
30.11-3	— (scelta della resistenza)
31.01-3	Pratica
31.01-3	Precisione e pratica
30.03-4	Prese c.a. (simboli grafici)
31.01-4	Presunzione
30.13	Principi di Kirchhoff
30.11-4	Punti di vista (circuiti)
30.02-2	Raccomandazioni
31.01-4	Rendimento del trasferimento
30.14-3	Resistenza equivalente parallelo
30.14-1	— — serie
30.03-3	Resistori (simboli grafici)
30.11-3	Rete elettrica
31.10-4	Rifasare
— —	Risposta al gradino (v. singoli circuiti)
30.03-4	Schermi (simboli grafici)
30.03-1	Semiconduttori (simboli grafici)
30.03-4	Sezionatori (simboli grafici)
30.03	Simbologia dei componenti elettronici
30.03-3	Strumenti (simboli grafici)
30.14	Teorema di Norton
30.14	— — Thevenin
30.14-2	— — — per f.e.m. alternata
30.14-1	— — — costante
30.03-4	Testine di registrazione magnetica (simbolo grafico)
30.03-3	Trasduttore elettrostatico
30.12-6	Trasferimento di corrente
30.12-6	— — potenza
30.10-4	— — — massima
30.12-6	— — tensione
30.03-3	Trasformatori (simboli grafici)

SEZIONE 3

CIRCUITI ELEMENTARI

cap. 30 — **Nozioni preliminari**
par. 30.0 — Premesse
par. 30.1 — Circuiti e trasduttori

cap. 31 — **Operatori passivi e reattivi**
par. 31.0 — Nozioni generali
par. 31.1 — Circuiti costituiti da due elementi lineari in serie
par. 31.2 — Circuiti costituiti da due elementi lineari in parallelo

CAPITOLO 30

NOZIONI PRELIMINARI

par. 30.0 — **Premesse**
arg. 30.00 — Indice del paragrafo
30.01 — Conoscenza della materia
30.02 — Criteri di comunicazione
30.03 — Simbologia dei componenti elettronici

par. 30. 1 — **Circuiti e operatori**
arg. 30.10 — Indice del paragrafo
30.11 — Circuiti
30.12 — Operatori
30.13 — I principi di Kirchhoff
30.14 — I teoremi di Thevenin e di Norton

Paragrafo 30.0

PREMESSE

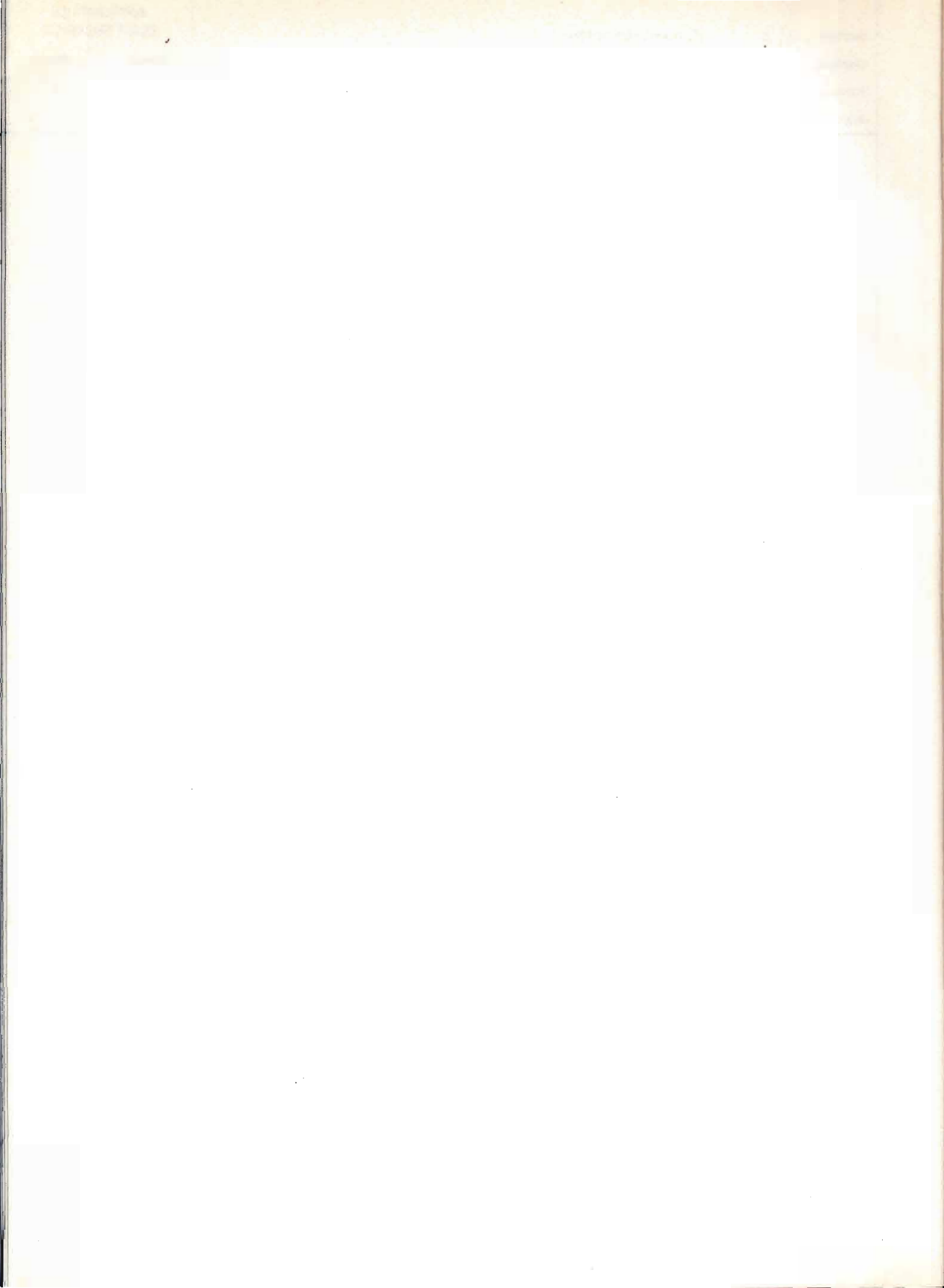
arg. 30.01 — **Conoscenza della materia**

pag. 1 — Criteri di progettazione di un circuito
" 2 — Caratteristiche fondamentali di un circuito
" 3 — Precisione e pratica
" 4 — Presunzione, fascino, raccomandazioni

arg. 30.02 — **Criteri di comunicazione**

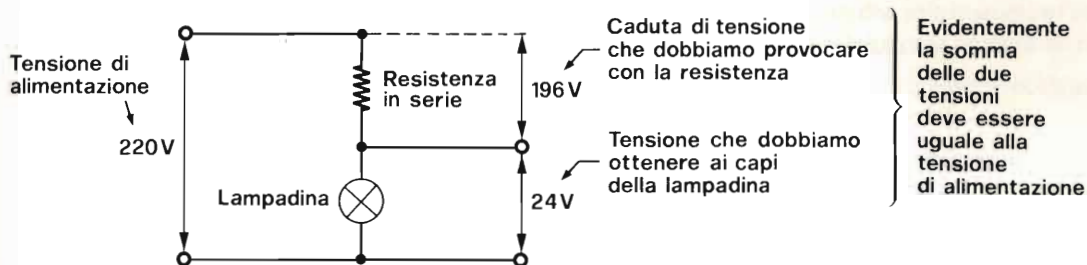
pag. 1 — La comunicazione fonte di progresso,
Qualità della comunicazione
Modi di comunicare
Le comunicazioni tecniche
" 2 — Raccomandazioni
" 3 — Linea di condotta seguita nell'esposizione grafica
" 4 — Esempi generici

arg. 30.03 — **Simbologia dei componenti elettronici**

pag. 1 — Componenti a semiconduttore
" 2 — Indicatori a Led a 7 elementi
Simboli per calcolatori
" 3 — Cristalli piezoelettrici
Batterie
Resistori
Condensatori
Induttori
Lampadine
Trasformatori
Fusibili
Strumenti
Altoparlanti
Trasduttore elettrostatico
Cuffie
" 4 — Cablaggi
Collegamenti di massa
" 5 — Microfoni
Generatori di tensione alternata
" 6 — Sezionatori
Schermi
Jack
Prese c.a.
" 7 — Antenne
Testine di registrazione magnetica

CRITERI DI PROGETTAZIONE DI UN CIRCUITO

Questa sezione della raccolta ha l'intenzione di dare una panoramica generale dei circuiti che in pratica si incontrano nelle apparecchiature elettroniche, dato che il lettore a questo livello, dovrebbe già essere in grado di formare circiuti e capirne il funzionamento.

Qui il lettore però non troverà circuiti pronti per l'uso con gli elementi già bell'e calcolati perchè è praticamente impossibile pretendere che un determinato circuito possa essere inserito tal quale in qualsiasi apparecchiatura.

Facciamo un esempio molto semplice.
A questo punto dello studio, ognuno sa che, per alimentare una lampadina da 24 V con una tensione da 220 V nel modo più semplice, è necessario interporre una resistenza in serie alla lampadina stessa come in figura.

Nessuno, che abbia un po' di pratica di elettrotecnica, si sognerebbe di pensare che, una volta calcolato il resistore necessario, questo vada bene per lampadine di altre caratteristiche non solo, ma si guarderebbe bene anche dal collegare agli stessi morsetti più lampadine della stessa specie.

Ciò significa che con un semplice resistore non si può costruire un riduttore universale.
Così avviene in generale per la maggior parte dei circuiti.

Esistono dispositivi di impiego universale, ma anche essi posseggono dei limiti all'impiego stesso.

Prendiamo, come esempio di questo tipo, il trasformatore.
Esso è un'apparecchiatura di impiego universale però entro i limiti per i quali è stato costruito: tensione primaria, tensione secondaria, potenza massima ecc.

Al suo secondario si possono collegare una o più lampadine adatte alla tensione prodotta, ma entro i limiti di potenza per la quale è stato costruito, se non lo si vuole vedere bruciare miseramente.

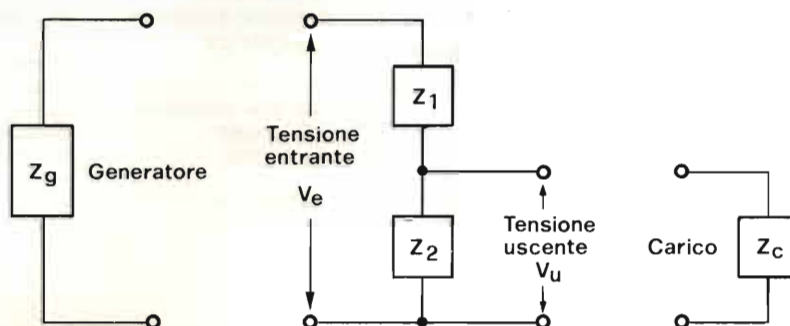
Infine, nella progettazione finale di un'apparecchiatura, ci sono altri fattori, come il costo, l'ingombro ecc., che richiedono particolari accorgimenti di calcolo.

Vi renderete conto che sarebbe inutile, costoso e scomodo introdurre un trasformatore adatto ad una centrale elettrica per alimentare un'apparecchiatura che richiede pochi watt di potenza!

CARATTERISTICHE FONDAMENTALI DI UN CIRCUITO

I circuiti elementari che verranno esaminati in questa sezione della raccolta, saranno classificati a seconda della funzione che essi svolgono.

La funzione di ogni circuito sarà accuratamente descritta, ma sarà bene mettere in evidenza subito, tanto per chiarire quanto detto in precedenza, che anche il generatore che inserisce il segnale nel circuito e il carico che sfrutta il segnale elaborato, hanno una influenza diretta sul comportamento del circuito stesso.

Noterete poi come la maggior parte dei circuiti elettronici si riconducono ad un tipo solo di circuito: **il partitore di tensione** che prendiamo subito come esempio per dimostrare quanto abbiamo affermato.
Osservate la figura e tirate le conclusioni che seguono.

È chiaro che in questo semplice partitore di tensione la:

Tensione entrante

dipende dalle caratteristiche del generatore che vi applichiamo.

Infatti, nel caso più semplice, un generatore con una resistenza interna piuttosto alta, farebbe abbassare il valore della sua tensione di uscita al punto da crearci delle sorprese quando lo colleghiamo al partitore.

Si vede perciò come il partitore vada studiato per adattarsi anche alle caratteristiche del generatore, e qualora questo non fosse possibile perchè non conveniente o scomodo, bisognerà cambiare tipo di generatore.

Come generatore si intende anche lo stadio di uscita di un circuito che precede e che fornisce il segnale sottoforma di tensione (alternata, continua, ecc.).

Tensione uscente

dipende dalle caratteristiche del carico che vi applichiamo.

Infatti, nel caso più semplice, un carico con una resistenza interna piuttosto bassa, farebbe abbassare il valore della tensione presente ai terminal di uscita del partitore al momento in cui esso viene collegato al carico a causa della maggior corrente che richiama.

Si vede perciò come il partitore vada studiato per adattarsi anche alle caratteristiche del carico e qualora questo non fosse possibile perchè non conveniente o scomodo, bisognerà cambiare tipo di carico.

Come carico si intende anche lo stadio di un circuito che segue e che riceve il segnale manipolato dal partitore sottoforma d'una nuona tensione (alternata, continua, ecc.).

PRECISIONE E PRATICA

Il lettore si è reso conto, da tutto quanto precede, che **pratica** in elettronica significa sì, mettere insieme circuiti predisposti come schemi, ma significa anche calcolare accuratamente i loro elementi.

I calcoli andranno poi intelligentemente arrotondati per poter reperire gli elementi che la industria mette a disposizione secondo determinati valori unificati.

Ed è proprio per la necessità di:

— scelta del tipo di circuito
— calcolo dei suoi elementi
— criterio di approssimazione

che è indispensabile la profonda conoscenza della teoria.

Conoscenza della teoria non deve significare memorizzazione di dati che invece si possono comodamente ricercare nei manuali, ma deve significare conoscenza dei concetti fondamentali, che solo lo studio e l'esercizio possono fissare nella mente in modo indistruttibile. Insomma, bisogna sapere come e cosa cercare nei manuali!

È evidente che lo studio preliminare richiede un certo impiego di tempo per realizzare una apparecchiatura, ma sarà tempo vantaggiosamente guadagnato dopo, quando la realizzazione sarà avvenuta.

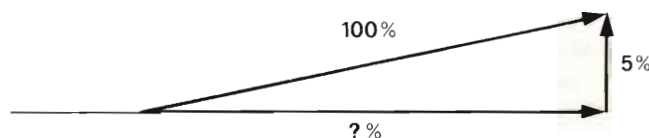
Infatti si eviteranno sorprese e, qualora ne comparissero, non sarà difficile trovare la soluzione e decidere il rimedio.

Pratica, poi, significa sapere, con l'aiuto della teoria, in che direzione si possono fare degli arrotondamenti o fino a che punto certi fattori possono essere considerati trascurabili.

Facciamo un esempio.

Supponiamo di dover fare il seguente calcolo.

Si abbiano due grandezze, la cui somma sia uguale ad una terza.
La prima è il 5% della terza. Si vuole conoscere il valore della seconda.
La persona sprovveduta risponde subito: il 95% ma è facile che sbagli.

Infatti la persona avveduta invece controlla prima come queste grandezze debbano essere considerate. Se sono vettoriali per esempio può succedere che esse siano disposte così:

In questo caso è facile constatare che la grandezza incognita è quasi uguale al 100% (cioè alla terza) e non si esita a considerarla tale (infatti il suo valore, calcolato sarebbe 99,9%).

PRESUNZIONE FASCINO RACCOMANDAZIONI

I calcoli logicamente approssimati, ragionevolmente accettabili e arrotondati, confortati magari da un calcolo di verifica, non vi daranno mai delusioni nelle vostre realizzazioni.

Non dimenticate che anche gli elementi dei circuiti e i materiali che li compongono, che si trovano in commercio, vengono costruiti con una certa tolleranza sia per quanto riguarda i dati di funzionamento, sia per quanto riguarda i dati costruttivi.

Invece, i calcoli grossolanamente sbagliati per inconscia ignoranza della teoria, non potranno mai portarvi a conclusioni soddisfacenti.

Il difetto in cui spesso incorre l'appassionato di elettronica è la presunzione di conoscenza.

Questo fra i difetti è il più pernicioso in tutti i settori del sapere, perchè esso mantiene l'individuo inconsapevole del livello della propria ignoranza, lo rende poco incline a documentarsi e poco desideroso di approfondire le sue vaghe conoscenze.

Non parliamo poi di coloro che fanno schemi e collegamenti senza rendersi conto di come deve funzionare il loro dispositivo.

Il fatto che qualche volta riescano ad ottenere qualche risultato, non vuol dire che ne conoscano il funzionamento.

Infatti, non sapranno mai spiegarsi come lo stesso dispositivo collegato fra apparecchiature diverse non dia i medesimi risultati.

E brancolano nel buio.

Avrete già capito come queste parole non siano dirette a voi per il fatto stesso che umilmente e pazientemente state seguendo queste dispense dove lo scrivente non ha la pretesa di insegnare, ma di studiare e di approfondire insieme a voi questi affascinanti problemi (vedi 00.01) (vol. 1°).

Il giorno che avrete nel sangue i fenomeni che dominano il campo della elettronica, sentirete per loro lo stesso fascino che si può provare per il più bello spettacolo della Natura.

Perchè anche l'elettronica è Natura!

Ed infine vi sentirete dei privilegiati, non perchè superbamente sentirete di sapere più degli altri, ma perchè la Natura qui si rivelerà attraverso delle panoramiche che solo voi sarete in grado di apprezzare.

LA COMUNICAZIONE FONTE DI PROGRESSO

Il motivo del rapido sviluppo del progresso umano sta essenzialmente nel fatto che gli individui, comunicando ad altri le proprie esperienze, arricchiscono le conoscenze altrui e mettono tutti coloro che ne vengono a conoscenza di farne altre e di comunicarle a loro volta.

La comunicazione è dunque indispensabile al progresso umano in generale e tecnologico in particolare.

QUALITA' DELLA COMUNICAZIONE

Parlando di comunicazione, diventa importante la qualità della stessa se si vuole che il messaggio, l'informazione diventi intelligibile e utile.

Un cattivo messaggio diventa inutile, se non dannoso, quando è incomprensibile o quando ne diventa faticosa o sibillina l'interpretazione.

MODI DI COMUNICARE

Si può comunicare a voce o per iscritto, ma oggi (data la possibilità di registrare tutto ciò che si fa o che si dice e dato che registrare significa, in senso lato, scrivere) il modo di comunicare, si riconoduce ad uno solo: lo scritto.

Se andiamo ad analizzare le varie attività del genere umano, troviamo tanti modi di comunicare: infatti l'avvocato scrive come parla, il giornalista parla come scrive, lo scrittore scrive e non ha bisogno di parlare, il deputato parla e si guarda bene dallo scrivere ecc. E i tecnici?

Ora veniamo a noi, tecnici.

La comunicazione del tecnico è fatta di parole e di disegni e certamente più di disegni che di parole.

Purtroppo ancora oggi i tecnici, forse a causa dei retaggi artistici e letterari della scuola primaria, sono ancora più inclini alla parola che al disegno, visto anche il prevalere di una certa moda didattica di lasciare che ciascuno si esprima come vuole.

E parlare è certamente molto più facile che scrivere.

LE COMUNICAZIONI TECNICHE

Disegnare invece, quando non si tratta di estro artistico diventa una cosa faticosissima, perchè significa disciplina e autocoscienza del comunicato e conoscenza della molteplicità di fattori intellettivi a cui il comunicato, sottoforma di istruzione, si deve rivolgere.
Purtroppo molti tecnici sottovalutano questi problemi e compilano i loro comunicati con estrema leggerezza.
Avete mai provato a cercare l'informazione che vi serve, nel libretto delle istruzioni della vostra auto o di un vostro elettrodomestico?
È evidente che nella spasmodica corsa all'efficienza e alla produttività si lesina attenzione tempo e denaro sulla qualità dell'informazione.

Nel nostro caso specifico le Aziende si affannano a buttar giù disegni e schemi alla svelta, per aumentare la produttività dei disegni.
I simboli diventano sempre più incomprensibili, il modo di rappresentare i circuiti sembra fatto apposta per far risparmiare tempo solo a chi li disegna.

Non importa il tempo che impiegheranno tutti coloro che dovranno interpretare quel disegno prodotto a tempo di record!

Generalmente per fare un disegno bastano una o poche persone.
Saranno tanti invece coloro che dovranno leggerlo, anche in seno alla medesima Azienda, quando non si tratti di disegni destinati ad altre Aziende.
In questo modo le Aziende si danneggiano da sè oltre che reciprocamente.

Purtroppo anche le tipografie aggiungono confusione sia nel pur lodevole scopo di far costare poco il libro.

RACCOMANDAZIONI

La morale della favola, qui, è quella di raccomandare al lettore di non lesinare chiarezza nel fare uno schema o un disegno perchè agevolerà anche se adesso, soprattutto quando dovrà rivedere quel disegno a distanza di tempo.

Eviti il lettore di risparmiare perfino il superfluo, eviti di scimmiottare gli americani per darsi le arie da grande iniziato:

— il disegno di un circoletto attorno agli elementi attivi rende più evidente la loro presenza nel circuito
— il reiterato rifacimento di uno schema per evitare incroci dei collegamenti, angoli inutili, o per renderlo comunque più chiaro, significa agevolare coloro che poi lo dovranno leggere
— l'impiego di un modo solo di rappresentare una determinata funzione di un circuito, significa far riconoscere a prima vista di che circuito si tratta.
— ecc.

Ogni Azienda che abbia la volontà di capire questo problema dovrebbe sentirsene agevolata.

L'Autore si è prefisso questo scopo nella sua esposizione e si sforzerà di mantenere questo proposito, a costo anche di apparire ... antiquato!

Se poi, qualcuno insistesse, magari con sussiego, che anche i disegni all'americana o alla tedesca, sia pur dissimili fra loro, sono chiari per "tutti" ... okay ... ogni opinione è valida!

L'Autore ha espresso la sua.

CRITERI SEGUITI NEL TRACCIAMENTO DEI CIRCUITI

Quante volte due circuiti uguali ci sembrano diversi solo perchè disegnati in un modo diverso.

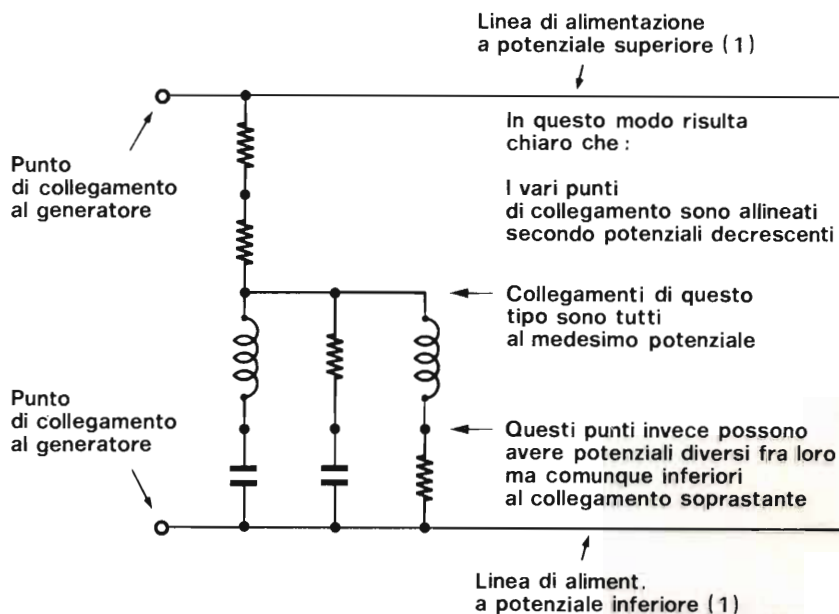
Ciò affatica chi deve apprendere e crea notevoli perdite di tempo e di efficienza.

Se si riuscisse a stabilire una regola unica, si potrebbero disegnare gli schemi e i circuiti secondo questa regola e riconoscere a colpo d'occhio di che cosa si tratta o a seguire più facilmente il gioco delle grandezze elettriche che fanno funzionare un dato dispositivo.

Ispiriamoci dunque al criterio degli schemi funzionali per gli automatismi dove i conduttori di alimentazioni sono rappresentati con due linee parallele orizzontali esterne a tutto lo schema.

Scopriremo che la maggioranza dei dispositivi è costituita da partitori di tensione.

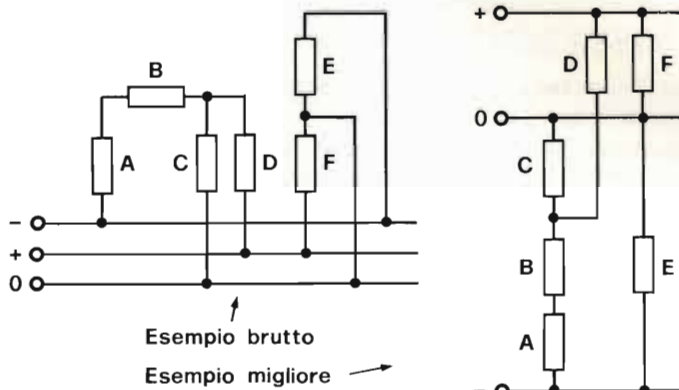
Queste tensioni di solito si paragonano, si fanno equilibrio, si sommano, si sottraggono.

Esempio preliminare

(1) In caso di alimentazione in corrente alternata questi potenziali possono essere anche assunti arbitrariamente

LINEA DI CONDOTTA SEGUITA NELL'ESPOSIZIONE GRAFICA

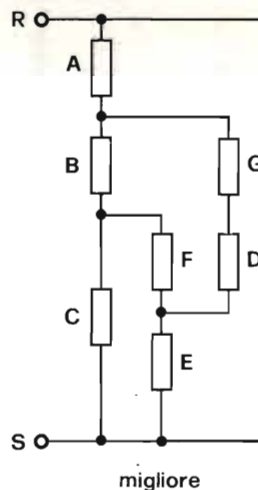
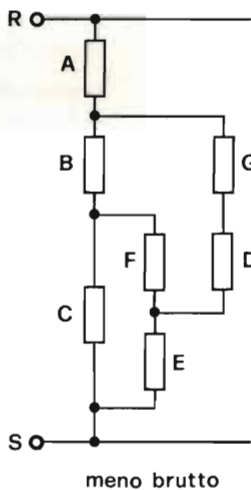
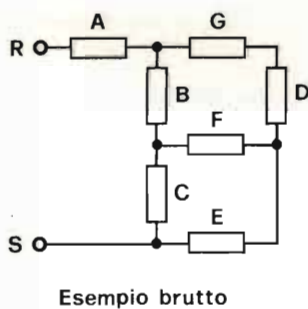
Seguendo le indicazioni esposte alla pagina precedente riassumiamo qui di sotto le regole che ci siamo imposte nei limiti del possibile per una uniforme esposizione grafica.

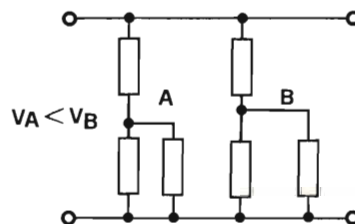
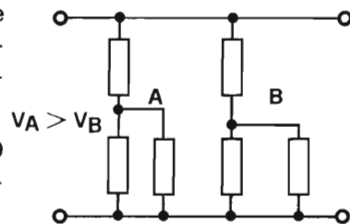
Negli esempi che seguono si sono rappresentati con rettangolini i componenti di tipo qualsiasi.

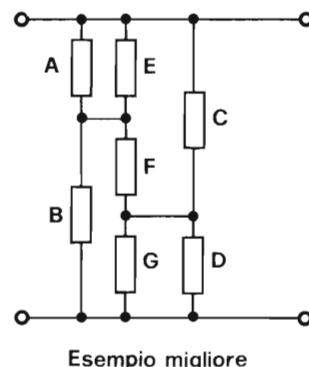
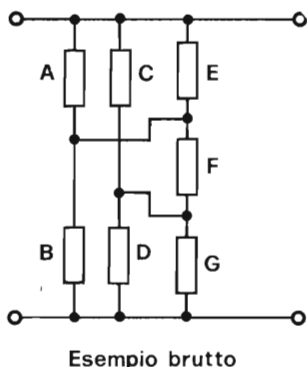
Nelle parti estreme (più alta e più bassa) ci segnano le linee di alimentazione: se ve ne sono più di due, si segue la regola del livello relativo di potenziale.

Ogni linea orizzontale simbolizza un medesimo potenziale e perciò non vi si devono inserire simboli di componenti. Essi sono rappresentati solo lungo le linee verticali: pertanto i tratti verticali diminuiscono di potenziale man mano che passano da un componente all'altro

Esempio brutto

meno brutto

migliore

Il livello di ogni linea orizzontale corrisponde relativamente all'incirca a quello del suo potenziale (non sempre è possibile se ci sono componenti di valore variabile).

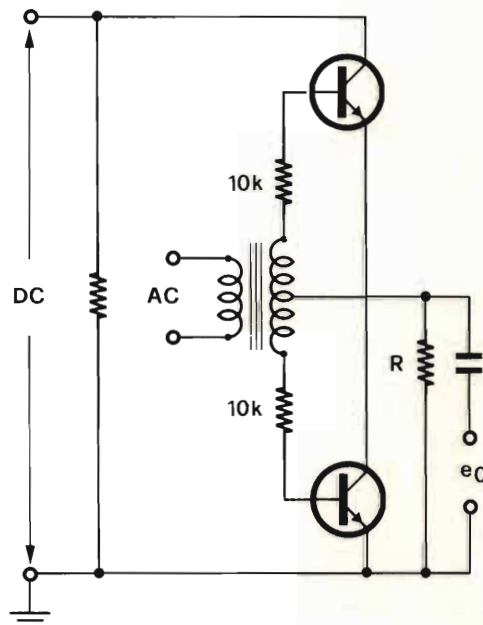
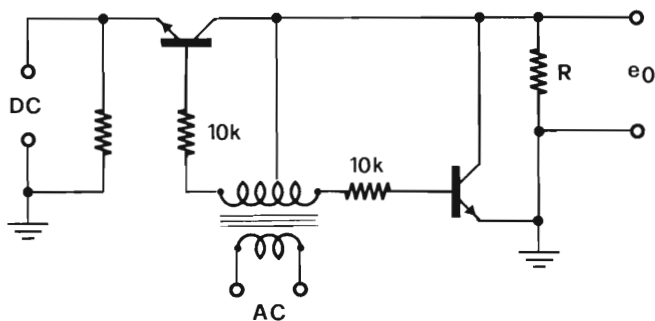
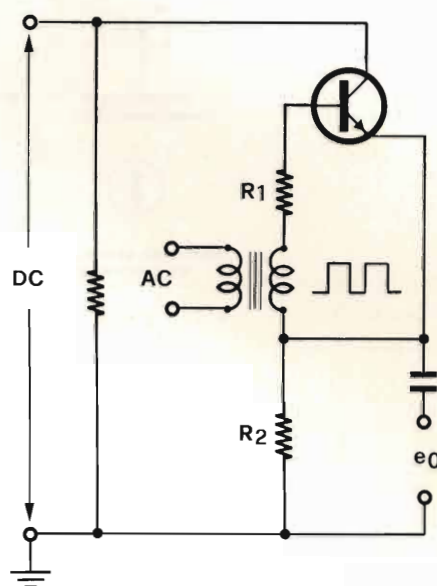
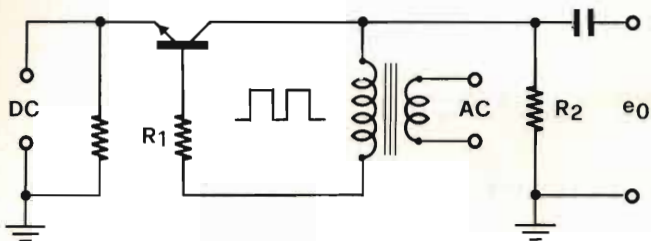
Eliminare gli incroci: ciò è possibile almeno in 9 casi su 10. Quando non è possibile usate il segno ⌒ per evitare dubbi.

Eliminare le linee a zig-zag: questo è possibile sempre.

Inserire i punti di alimentazione a sinistra e fare in modo che il disegno si legga da sinistra verso destra (v. esempi precedenti)

Esempio brutto

Esempio migliore

ESEMPI GENERICI

Osserviamo qui sotto due esempi di schemi tratti a caso da un libro: qui mancano anche i circoletti evidenziatori dei transistors e la linea comune all'alimentazione e al segnale è indicata con il segno di "terra".

Osserviamo da questa parte come detti disegni sono stati modificati secondo le regole enunciate per capire meglio il funzionamento.

Si tratta di dispositivi che vedremo in seguito per la trasformazione in tensione alternata di segnali in tensione continua.

Infatti i dispositivi presentano:

— due terminali di entrata del segnale DC da trasformare
— due terminali di uscita del segnale e_0 trasformato
— due terminali di entrata AC di un segnale di pilotaggio

COMPONENTI A SEMICONDUTTORE

Diodo o raddrizzatore metallico

Diodo Zener

Limitatore di tensione bipolare (Diodo Zener simmetrico)

Varactor

A K Diodo Tunnel

Diodo Pin

Fotodiodo (tipo fotosensibile)

Diodo ad emissione luminosa (LED)

T Diodo sensibile alla temperatura

V Resistenza dipendente dalla tensione

I Resistenza dipendente dalla corrente

L Resistenza dipendente dall'illuminazione

T Resistenza dipendente dalla temperatura

K A Diac a scatto (NPN)

A K Diac a scatto (PNP)

T T Diac a scatto bidirezionale (NPN)

T T Diac a scatto bidirezionale (PNP)

E C — E B C Fototransistori (NPN)

E B C Transistore (PNP)

E B C Transistore (NPN)

E B2 B1 Transistore unigiunzione (base tipo N)

E B2 B1 Transistore unigiunzione (base tipo P)

Transistore unigiunzione (programmabile)

G D S Canale N gate a giunzione

G D S Canale P gate a giunzione

Transistori ad effetto di campo (FET)

G D SUB S Canale N a svuotamento

G D SUB S Canale P a svuotamento

G D SUB S Canale N a rinforzo

G D SUB S Canale P a rinforzo

MOSFET

G2 G1 D SUB S Canale N a svuotamento gate isolati

G2 G1 D SUB S Canale P a svuotamento gate isolati

G2 G1 D SUB S Canale N a rinforzo gate isolati

G2 G1 D SUB S Canale P a rinforzo gate isolati

MOSFET a doppio gate

Gate tipo N

Gate tipo P

Tiristore triodo bidirezionale

Raddrizzatori controllati a semiconduttore (SCR)

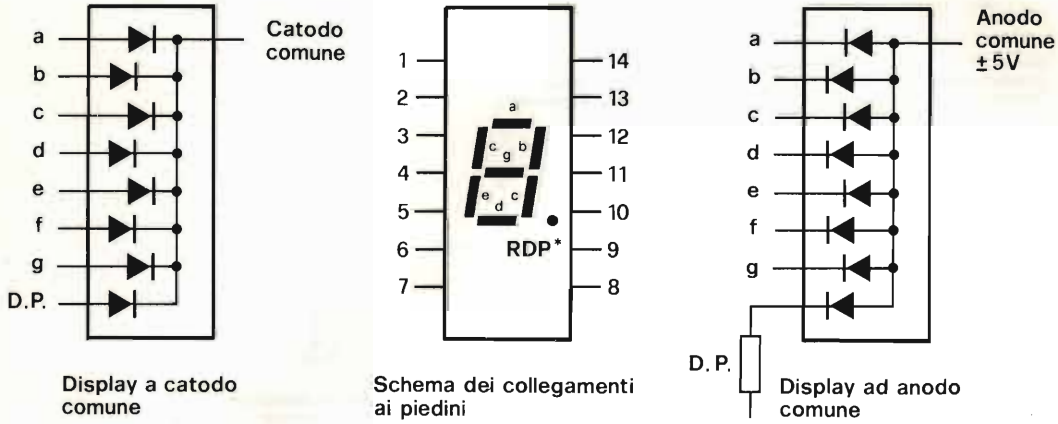
Transistore tipo Darlington

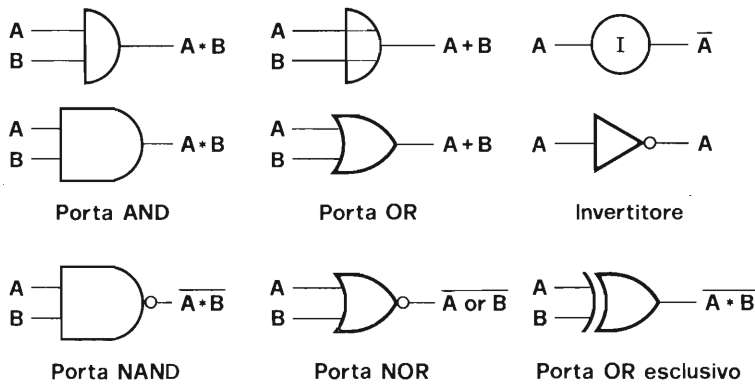
Transistori PNP a base polarizzata trasversalmente

INDICATORI A LED A 7 SEGMENTI

Display a catodo comune

Schema dei collegamenti ai piedini

Display ad anodo comune

* Specificare se il punto decimale deve essere a destra a sinistra o ad entrambi i lati

SIMBOLI PER CALCOLATORI ELETTRONICI

Porta AND

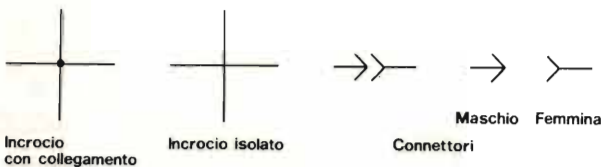
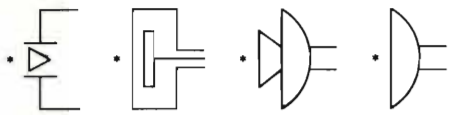
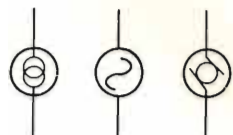
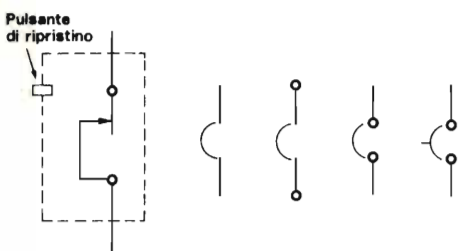
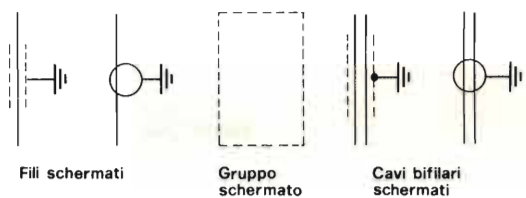
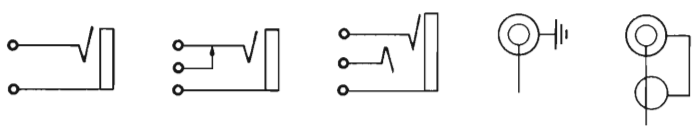
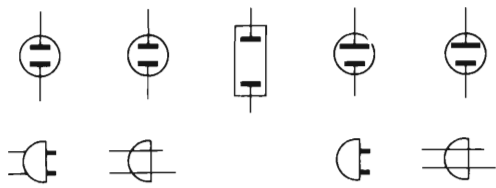
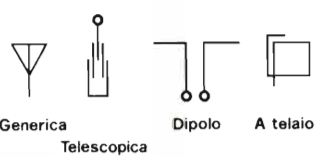
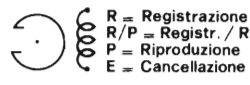
Porta OR

Invertitore

Porta NAND

Porta NOR

Porta OR esclusivo

CRISTALLI PIEZOELETTRICI
Per stabilizzazione di frequenza
Monoaurale
Stereofonica
Cartuccie fonografiche
BATTERIE
A cella singola
A celle multiple
RESISTORI
Fissa
Variabile
A prese
CONDENSATORI
Fissi
Variabili
Polarizzati
Non polarizzati
Elettrolitici
Piastra di schermatura
INDUTTORI
A nucleo d'aria
A nucleo di polvere di ferro
A nucleo di ferro
A nucleo regolab.
LAMPADINE
A filamento
Al neon
TRASFORMATORI
A nucleo d'aria
A nucleo di ferro
Di media frequenza
Di potenza
Autotrasfor.
Nucleo regolabile
Schermato
FUSIBILI
STRUMENTI
A - Amperometro
V - Voltmetro
G - Galvanometro
mA - Milliamperometro
μA - Microamperometro
ALTOPARLANTI
Generico
Dinamico
Elettrostatico
TRASDUTTORE ELETTROSTATICO
CUFFIE
Doppia
Stereofonica
Singola

CABLAGGI

COLLEGAMENTI DI MASSA

MICROFONI

• Indicare il tipo con una nota per esempio: ceramico a cristallo, dinamico ecc...

GENERATORI DI TENSIONE ALTERNATA

SEZIONATORI

SCHERMI

Fili schermati — Gruppo schermato — Cavi bifilari schermati

JACK

PRESE c. a.

Non polarizzate — Polarizzate

ANTENNE

A telaio

TESTINE DI REGISTRAZIONE MAGNETICA

Indicare il tipo con una lettera

- R = Registrazione
- R/P = Registr. / Riproduz.
- P = Riproduzione
- E = Cancellazione

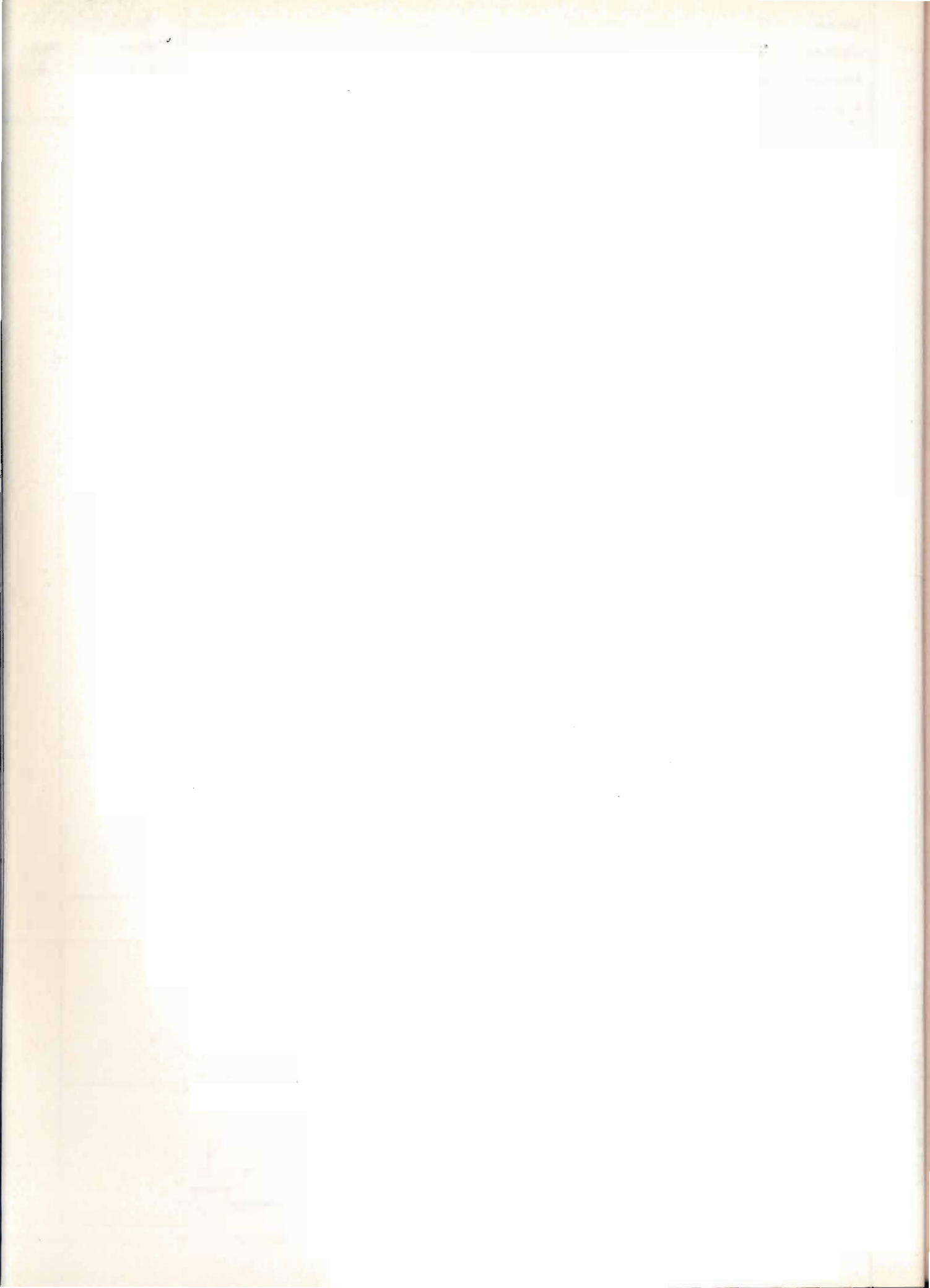
Paragrafo 30.1

CIRCUITI E OPERATORI

arg. 30.11 — **Circuiti**
pag. 1 — Generalità sui circuiti
Definizione
Analisi
Collegamenti in serie
" 2 — Collegamenti in parallelo
Collegamenti misti
" 3 — Rete elettrica
" 4 — I circuiti sotto due punti di vista

arg. 30.12 — **Operatori**
pag. 1 — Richiamo ai criteri grafici di rappresentazione dei circuiti
" 2 — Fisionomia dei trasduttori
" 3 — Struttura elementare dei trasduttori attivi e passivi
" 4 — Nomenclatura
" 5 — Operatori speciali completi ed elementari
Collegamenti
" 6 — Criteri di calcolo dei parametri e scelta degli elementi

arg. 30.13 — **I principi di Kirchhoff**
pag. 1 — Per le tensioni costanti
" 2 — Per le tensioni alternate
" 3 — Per le correnti continue
" 4 — Per le correnti alternate

arg. 30.14 — **I Teoremi di Thevenin e di Norton**
pag. 1 — Thevenin per tensione costante
" 2 — Thevenin per tensione alternata
" 3 — Norton per corrente continua
" 4 — Norton per corrente alternata

GENERALITA' SUI CIRCUITI

Come abbiamo già visto fin dagli argomenti 10.12 e 10.13 e come abbiamo incontrato varie volte, non dovrebbero esserci più dubbi su ciò che costituisce un circuito.

ANALISI

Se analizziamo un circuito complesso, anche se tracciato in modo caotico, possiamo suddividere i collegamenti fra gli elementi in due gruppi ben distinti:

1. Collegamenti in serie
2. Collegamenti in parallelo

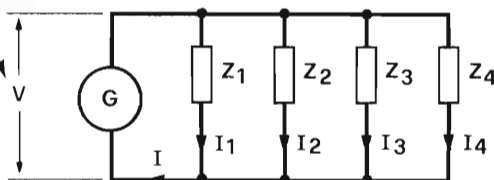
DEFINIZIONE

Ripetiamo qui un ennesimo tentativo di definizione.

Per **circuito** si intende un insieme di componenti opportunamente collegati fra loro in modo da formare comunque una catena le cui estremità si collegano ad un generatore al fine di far passare una corrente elettrica che si ramifica e attraverso opportunamente i componenti a seconda delle loro caratteristiche.

La parola **circuito** dunque non è scelta a caso: la corrente circola in un anello chiuso col generatore.

COLLEGAMENTI IN SERIE

Il circuito serie è caratterizzato da un'unica corrente che attraversa l'intero circuito

Z_1 Z_2 Z_3 Z_4 Elementi qualsiasi del circuito

Ogni elemento è dunque attraversato dalla medesima corrente

Tensione totale
$V = V_1 + V_2 + V_3 + V_4$
corrispondente alla tensione fornita dal generatore

$V = V_g$

Corrente che attraversa il circuito

Tensioni che si formano ai capi di ogni elemento a seconda delle caratteristiche di ciascuno. (Legge di Ohm v. 10.21)

Attenzione la somma
$V = V_1 + V_2 + V_3 + V_4$
è valida sempre, anche quando si tratta di somma vettoriale

Naturalmente anche qui vale la proprietà associativa della somma (v. 10.12-2)

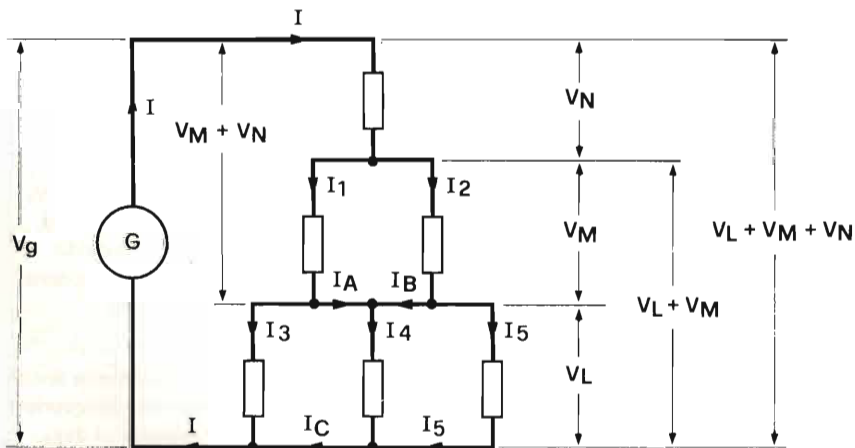
COLLEGAMENTI IN PARALLELO

Attenzione: la somma $I = I_1 + I_2 + I_3 + I_4$ è valida sempre, anche quando si tratta di somma vettoriale

Naturalmente anche qui vale la proprietà associativa della somma

COLLEGAMENTI MISTI

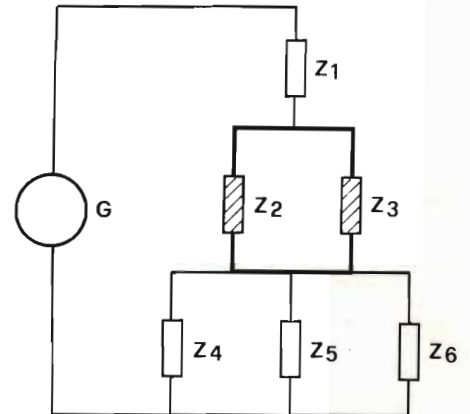
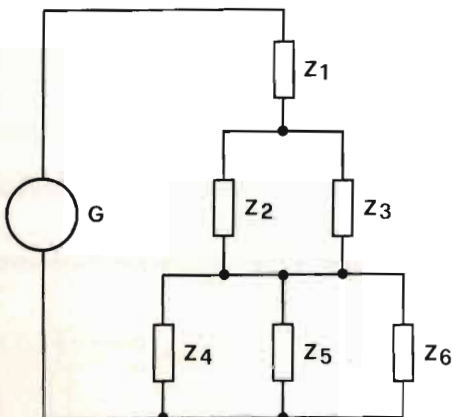
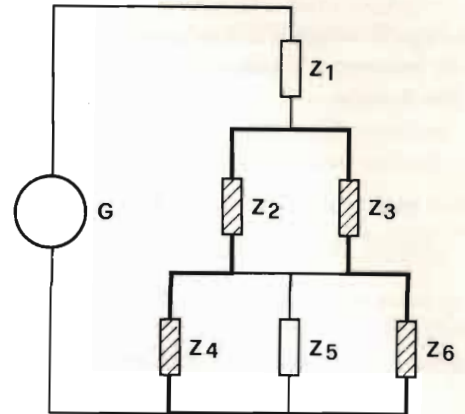
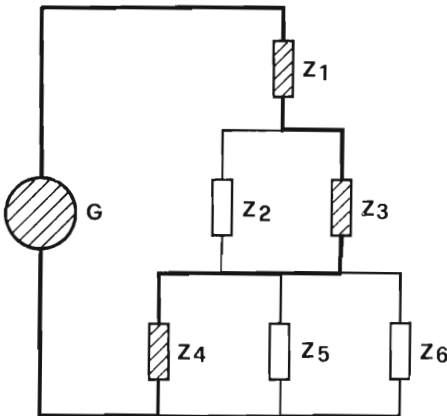
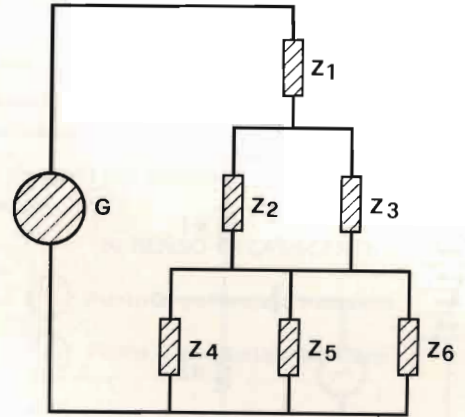
Riprendiamo il circuito illustrato in 10.12-2 che costituisce un esempio tipico di circuito misto.
Lo abbiamo generalizzato e corredato di un maggior numero di informazioni.

$I_1 + I_2 = I_3 + I_4 + I_5$
$I_A + I_B = I_4$
$I_A + I_3 = I_1$
$I_B + I_5 = I_2$
$I_4 + I_5 = I_C$

RETE ELETTRICA

Riprendiamo in considerazione l'ultimo circuito esaminato nella pagina precedente: esso, nel suo insieme, costituisce una rete elettrica.

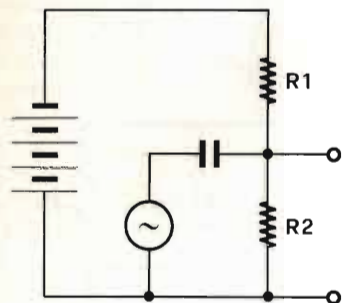
Per poterne effettuare l'analisi e calcolarne i parametri distingueremo quanto segue.

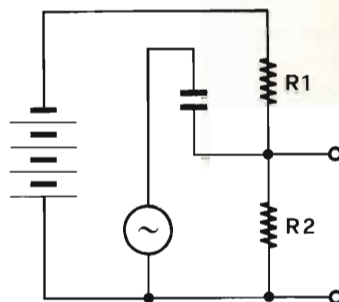
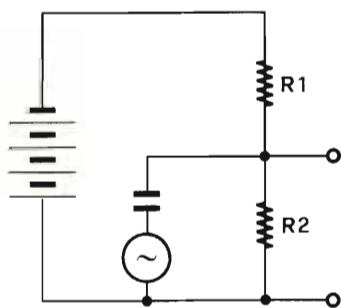
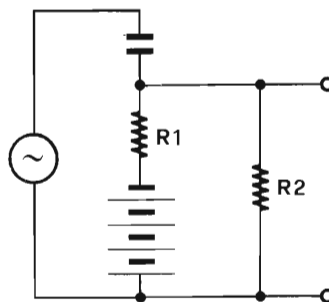
MAGLIE

Qualunque parte di una rete che contenga elementi presi uno alla volta in modo che formino un chiuso costituisce una maglia sul solito circuito abbiamo evidenziato tre esempi di maglie.
Possono anche non comprendere il generatore.

NODI

I punti dove convergono e si dipartono le correnti si dicono nodi.
Qui a fianco è mostrato l'intero complesso di nodi che esistono nella rete elettrica in esame.

I CIRCUITI SOTTO DUE PUNTI DI VISTA

Osservate questo circuito:

Esso figura collegato a due generatori:
— un generatore di corrente alternata
— una batteria

Oh, scusate, avete ragione: sto proprio razzolando male, dopo tutta la predica che ho fatto!
Il circuito avrebbe dovuto essere disegnato così:

Se si vuole mettere in evidenza l'alimentazione in corrente continua va bene come lo abbiamo disegnato, anzi andrebbe ancora meglio il seguente.

Se si vuole mettere in evidenza il comportamento della corrente alternata lo dovremo disegnare così:

Concediamo una certa sorpresa al lettore, ma non si deve meravigliare:
i due resistori sono proprio in parallelo, data la posizione del generatore di tensione alternata!

Situazioni come questa sono molto frequenti in elettronica.

Come già avrete potuto osservare anche nelle sezioni precedenti della raccolta, gli **elementi del circuito** sono sempre stati disegnati in **posizione verticale**.

Questo criterio grafico non è stato scelto a caso, ma ha il preciso scopo di far trovare su una verticale tutti gli elementi del circuito che si trovano a potenziali decrescenti verso il basso o crescenti verso l'alto, come mostra la figura seguente, dove le didascalie devono essere lette secondo l'ordine numerico.

Schema di disposizione grafica verticale degli elementi del circuito e relativa definizione motivazionale

IN SENSO CRESCENTE

4. Punto a potenziale massimo
3. Punto a potenziale ancora maggiore
2. Punto a potenziale superiore
1. Potenziale di riferimento detto anche "massa" e di solito collegato a terra

IN SENSO DECRESCENTE

1. Punto a potenziale massimo
2. Punto a potenziale inferiore
3. Punto a potenziale ancora minore
4. Punto a potenziale minimo preso come riferimento detto anche "massa" e di solito collegato a terra

La regolare variazione della tensione non è sempre verificabile nel circuito soprattutto quando si ha a che fare con le correnti alternate, ma questo criterio grafico risulta sempre valido come regola ordinatrice dei concetti.

Seguendo lo stesso concetto, metteremo allo stesso livello i punti che si trovano al medesimo potenziale.

I **collegamenti**, che hanno proprio lo scopo di mettere allo stesso potenziale, tutti i punti collegati saranno effettuati con **linee orizzontali**.

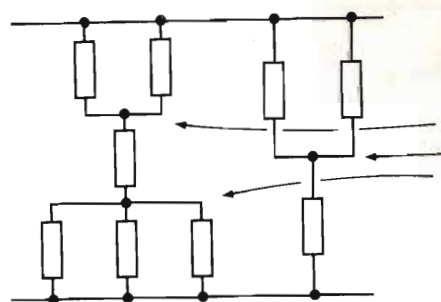
Per questo motivo eviteremo di disegnare elementi del circuito in posizione orizzontale dato che essi provocano sempre differenze di potenziale e perciò i loro estremi si trovano sempre a potenziali diversi.

Esempio

Tutti i collegamenti sono ovviamente equipotenziali e sono disegnati con linee orizzontali.

In particolare

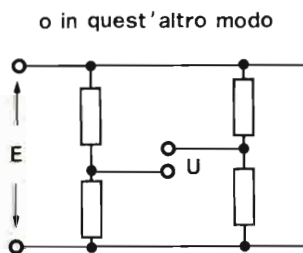
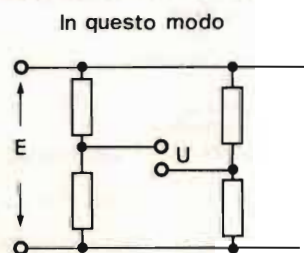
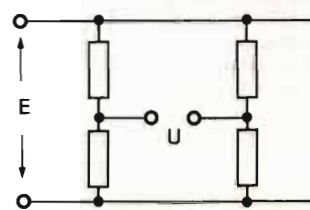
questo collegamento si trova ad un potenziale superiore a questo, il quale si trova ad un potenziale superiore a questo.

Non sempre sarà possibile adottare questo sistema soprattutto quando gli schemi si fanno piuttosto complicati, ma proviamoci: quanti schemi convenzionali incomprensibili mi sono diventati chiari dopo averli trasformati in,questo modo!

Eccezioni

Può succedere, come nei circuiti a ponte, che due punti possono trovarsi, a seconda dei casi, l'uno a potenziale maggiore o minore dell'altro.

In questo caso resterebbe l'indecisione di disegnarli.

In questo modo

o in quest'altro modo

Allora faremo un'eccezione:
li disegneremo in questo modo

e così risolviamo il problema!

FISIONOMIA DEGLI OPERATORI

Definizione di operatore

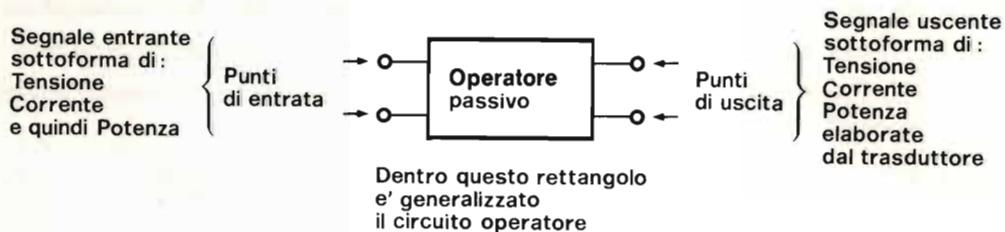
Col nome generico di operatore, si intende qualunque dispositivo che traduce una grandezza fisica in un'altra trasformata in funzione di determinati parametri.

Qui ovviamente ci occuperemo unicamente degli **operatori elettrici**, cioè di quei circuiti operatori di grandezze puramente elettriche, come **tensione, corrente** e **potenza**.

Essi constano di elementi del circuito opportunamente collegati.

Se il circuito contiene elementi o dispositivi elettronici si hanno gli **operatori elettronici**, ma poichè essi manipolano sempre grandezze elettriche non cessano in ogni caso di essere operatori elettrici.

Essi sono costituiti da:

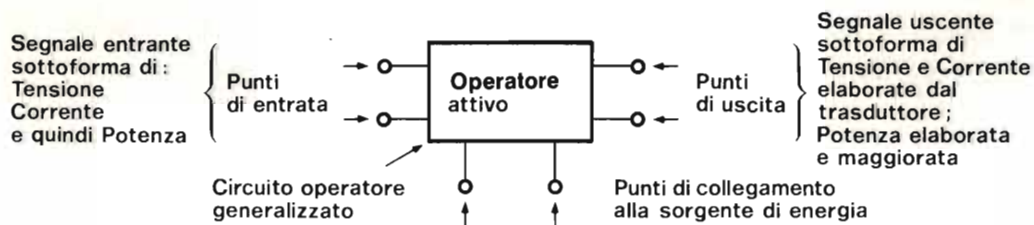
- due punti di entrata - ai quali viene applicato il segnale sottoforma di tensione, corrente e potenza. L'applicazione del segnale avviene collegando i due punti di entrata, con i due punti di uscita del dispositivo che lo fornisce.
- due punti di uscita - da dove le tre grandezze entranti escono modificate dall'operazione che l'operatore ha effettuato.
  Da questo punto di vista l'operatore non è che un dispositivo che fornisce un particolare segnale.

Classificazione rispetto a tensione e corrente

A seconda del tipo di grandezza rispettivamente entrante e uscente con le quali si intende operare si possono avere operatori:

tensione-tensione, tensione-corrente, corrente-corrente, corrente-tensione

Classificazione rispetto alla potenza

Per quanto concerne il trasferimento di potenza fra entrata e uscita, chiameremo:

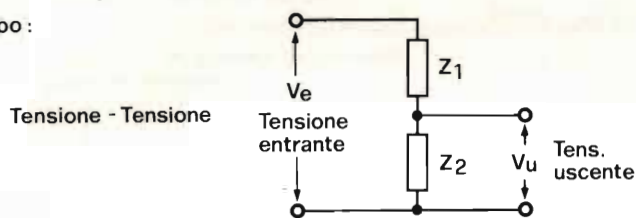
- passivi - quegli operatori che manipolano soltanto i fattori della potenza entrante, rendendo una potenza uscente sempre inferiore alla potenza entrante a causa delle inevitabili dissipazioni di energia.
  Negli operatori passivi includiamo anche quelli che contengono elementi reattivi.
- attivi - quegli operatori che non solo manipolano i fattori della potenza entrante, ma prelevano energia da una sorgente ad essi collegata per rendere una potenza uscente generalmente maggiore della potenza entrante.

Grandezze in gioco

Ripetiamolo, negli operatori le seguenti grandezze in gioco non sono mai separate fra loro sia alla entrata che all'uscita: tensione e corrente e quindi potenza.

La classificazione che segue tiene conto del tipo di grandezza entrante e di quella uscente che maggiormente interessano.

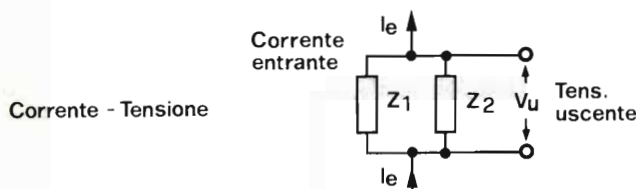
Non dimenticate che tutte e tre sono sempre in gioco: tensione, corrente e potenza.

Operatori passivi

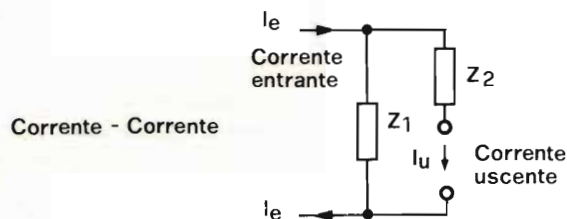
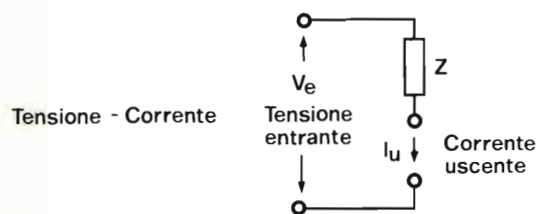
Tipo:

Tensione - Tensione

È essenzialmente un partitore di tensione.
Ovviamente in esso circolano le due correnti, entrante e uscente, e le relative potenze.

È il più usato.

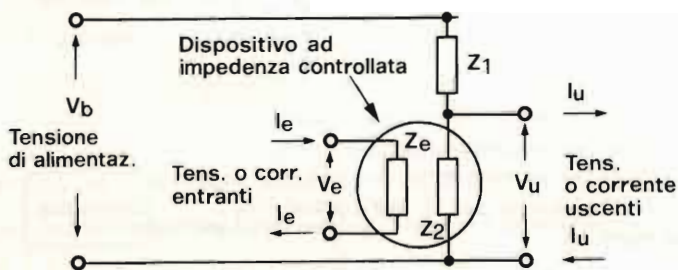
Corrente - Tensione

La corrente è entrante come segnale anche se entra ed esce nel circuito.
Serve per creare una differenza di potenziale a spese di una corrente esistente in un circuito.
È molto usato.
Lo si può anche vedere come un partitore di corrente.

Corrente - Corrente

Ie
Corrente
entrante
Z2
Z1
Iu
Corrente
uscente
Ie

La corrente è entrante come segnale anche se entra ed esce nel circuito.
Serve per alimentare un carico modesto a spese di una corrente circolante nel circuito.
Non deve creare apprezzabili cadute di tensione per non alterare il circuito di cui fa parte.
Anch'esso è un partitore di corrente.

Tensione - Corrente

È un tipo un po' ibrido e un po' banale.
Se si richiede all'entrata anche una determinata corrente, il circuito diventa come il precedente.

Con il carico collegato il sistema assomiglia anche ad un partitore di tensione.

Operatori attivi

Questo tipo di circuito è valido un po' per tutti i tipi di grandezze da operare.

Infatti è il tipo di dispositivo ad impedenza controllata prescelto che opererà sulla grandezza che vogliamo.

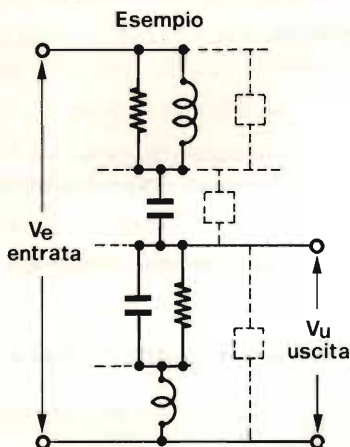
Confronti

La differenza sta nel fatto che:

- gli operatori attivi - formano il segnale di uscita a spese dirette del segnale di entrata
- gl' operatori passivi - formano il segnale di uscita a spese della sorgente di energia sotto il controllo del segnale di entrata.

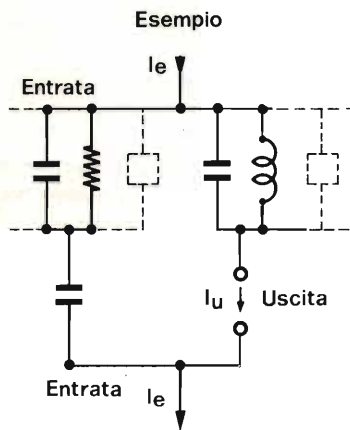
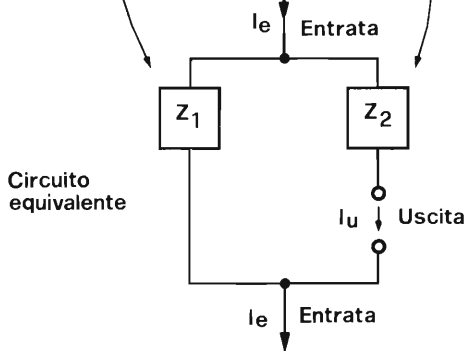
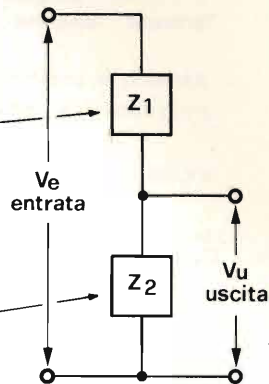
NOMENCLATURA

Partitore di tensione

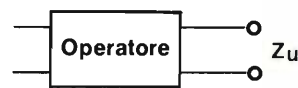
Data la regola che ci siamo imposti, comunque sia composto il partitore di tensione nell'interno dell'operatore, distingueremo sempre due sezioni:

— **la sezione superiore** dove si crea la caduta di tensione
— **la sezione inferiore** ai cui capi si presenta la tensione di uscita

Partitore di corrente

Comunque sia composto il partitore di corrente nell'interno dell'operatore, distingueremo sempre due rami:

— **il ramo primario** che non comprende il carico
— **il ramo secondario** la cui corrente attraversa il carico.

Comportamento esterno degli operatori

Impedenza d'entrata All'ingresso essi presentano le caratteristiche di un carico qualsiasi con la sua caratteristica impedenza differenziale per le componenti alternate del segnale entrante e con la sua caratteristica resisenza statica per le componenti continue del segnale stesso.

Impedenza d'uscita All'uscita essi presentano le caratteristiche di un generatore con la sua caratteristica impedenza differenziale interna per le componenti alternate del segnale uscente e con la sua caratteristica resistenza statica interna per le componenti continue del segnale stesso.

OPERATORI SPECIALI COMPLETI ED ELEMENTARI. COLLEGAMENTI

Operatori che svolgono funzioni particolari possono avere più entrate o più uscite come dagli esempi che seguono.

A più entrate: *miscelatori di segnali*
— in uscita si ha un segnale che è funzione della miscelazione dei segnali entranti;
ricompositori di segnali
— l'operatore provvede a ricomporre le parti di un segnale che vengono introdotte alle entrate.

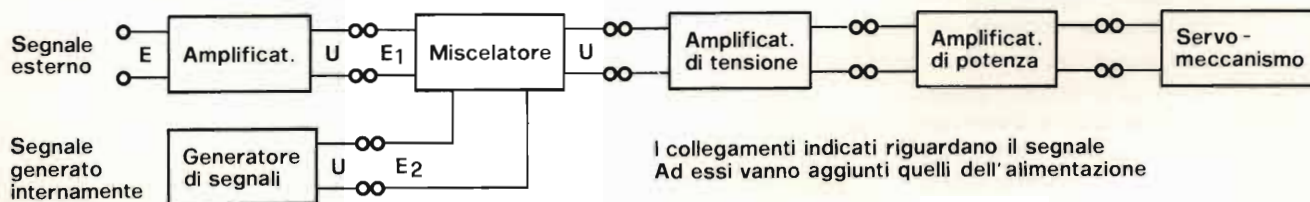
A più uscite: *Selettori di banda*
— l'operatore scinde il segnale entrante in vari segnali ciascuno appartenente ad una banda di frequenza prestabilita;
selettori di fase
— come sopra, ma per fasi prestabilite.

Senza entrata: non sembri paradossale: si tratta degli oscillatori (generatori autonomi di oscillazioni). In essi il segnale entrante è una parte, in fase, del segnale uscente.
Altri operatori apparentemente «senza entrata» sono i servogeneratori come i microfoni, le sonde termometriche ed in genere gli apparecchi per la trasformazione di altre grandezze fisiche in segnali elettrici.

Senza uscita: sono i servomeccanismi, cioè gli apparecchi finali che rispondono alle sollecitazioni che gli operatori, per essi costruiti, gli imprimono. In realtà l'uscita di questi apparecchi esiste pure, ma non è elettrica: ad es. gli altoparlanti (uscita acustica), i motori (uscita meccanica) ecc.

Collegamenti fra operatori

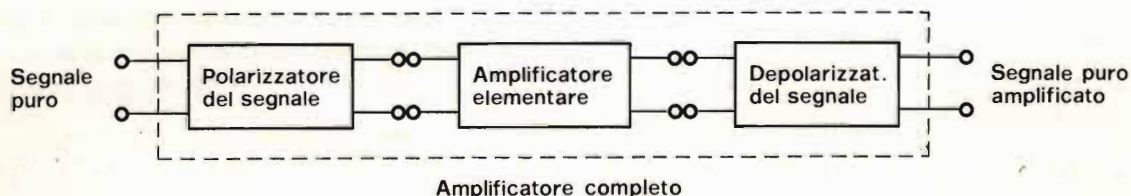
Una volta chiarite le funzioni elementari dell'operatore, il collegamento fra operatori diventa un problema molto semplice, purchè si faccia attenzione a:
— la polarità dei suoi terminali anche se si tratta di corrente alternata, perchè essa determina la fase del segnale
— i collegamenti equipotenziali detti "*comuni*" o "*massa*".

Facciamo un esempio: supponiamo di dover pilotare un servomeccanismo in funzione di due segnali troppo deboli per azionarlo direttamente: la soluzione è nello schema sotto riportato.

Operatori completi e operatori elementari

Un operatore completo può essere costituito da più operatori elementari.

Più operatori completi formano una apparecchiatura (es. regolatore di temperatura, o di altre grandezze fisiche, trasmettitore, ricevitore, ecc.).

Gli operatori che compongono un'apparecchiatura spesso prendono il nome di "*stadi*" (es. stadio amplificatore, stadio rivelatore, stadio oscillatore, ecc.).

Come esempio di operatore completo prendiamo un amplificatore: esso è costituito dai seguenti operatori elementari:

Amplificatore completo

PRINCIPIO DI KIRCHHOFF PER LE TENSIONI COSTANTI

Enunciato

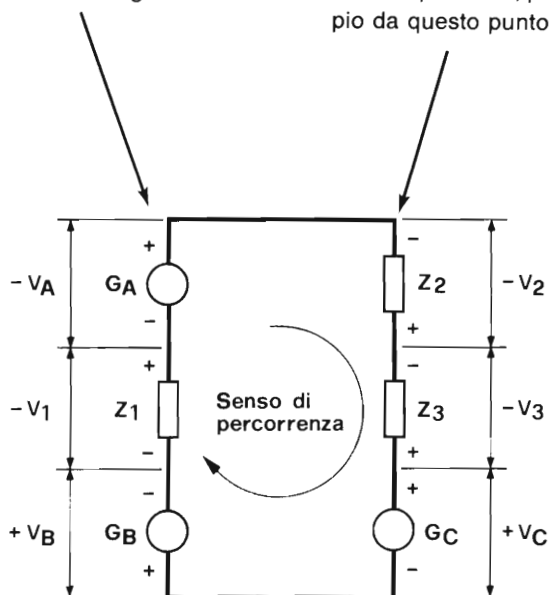
Questo principio dice praticamente che *la somma (algebrica o vettoriale) delle tensioni in un circuito, che comprenda anche uno o più generatori, è uguale a zero.*
Cioè: $V_1 + V_2 + V_3 + ... + V_n = 0$
oppure $\Sigma V_n = 0$

I principi di Kirchhoff si applicano essenzialmente ai circuiti e servono a calcolare correnti e tensioni in quei casi dove la sola legge di Ohm non è sufficiente.

Per dar corpo a questo fatto sarà bene fare alcuni chiarimenti soprattutto sul modo di procedere.

Modo di procedere

Supponiamo che il circuito sia questo e che le polarità si presentino come segnato.

Stabiliamo ora un senso di percorrenza dell'anello del circuito partendo, per esempio da questo punto.

Stabiliti sperimentalmente i valori delle tensioni, e le loro polarità che segneremo sul disegno avremo cura di controllare che le polarità degli elementi passivi Z siano tutte dalla stessa parte rispetto al senso di percorrenza perchè diversamente non può essere.

Le polarità dei generatori invece sono così come le esigono il progettista o le condizioni del circuito.

Seguendo il circuito secondo il senso di percorrenza che abbiamo stabilito, attribuiremo il segno meno (—) alla tensione se incontreremo prima il polo negativo del relativo elemento del circuito, mentre attribuiremo il segno più (+) se incontreremo il polo positivo.

Nel caso della figura, il principio di Kirchhoff per le tensioni afferma la seguente relazione algebrica:

$-V_2 - V_3 + V_C + V_B - V_1 - V_2 = 0$

Per il momento possiamo limitarci a constatare che l'applicazione di questo principio è comodo per determinare una tensione incognita presente nel circuito.

L'enunciato vale anche quando si intende per circuito una sola maglia chiusa di una rete elettrica (v. 30.11-3).

PRINCIPIO DI KIRCHHOFF PER LE TENSIONI ALTERNATE

Esposizione grafica:

Validità anche per il caso vettoriale,

Circuito della pagina precedente

Questa poligonale è stata tracciata trasferendo parallelamente a se stessi i vettori delle tensioni date.

Essa può essere anche tracciata secondo un diverso orientamento purchè ne vengano mantenuti gli angoli rispetto al riferimento scelto.

Questa poligonale è chiusa su se stessa e perciò dimostra di avere una risultante di valore zero.

Questo valore è tale in qualunque punto del circuito.

Diagramma delle tensioni

Ricordiamo che i principi di Kirchhoff si applicano essenzialmente ai circuiti e servono a calcolarne correnti e tensioni in quei casi dove la sola legge di Ohm non è sufficiente.

Riprendiamo il circuito della pagina precedente e supponiamo che le tensioni alternate siano rappresentate col grafico sopra riportato.

Le fasi vengono riferite a qualunque tensione presa come riferimento o ad una semiretta qualsiasi riferentesi quale "fase zero".

Come è noto (10.32-2) vol. 1, la lunghezza dei singoli vettori è proporzionale alla tensione che essi rappresentano, secondo una scala prestabilita.

Ripetiamo che l'enunciato di questo principio vale anche quando, per circuito, si intende una sola maglia chiusa di una rete elettrica (v. 30.11-3)

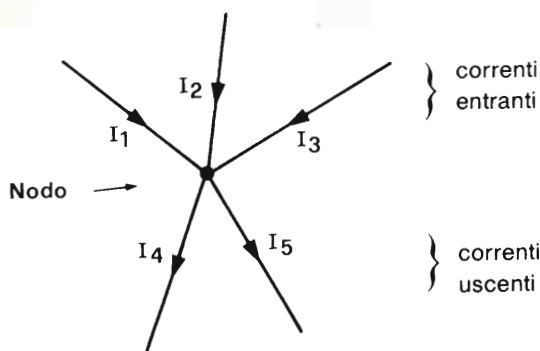
Se una tensione è incognita, per determinarla è sufficiente tracciare la poligonale per le altre e poi chiuderla con la tensione incognita: la lunghezza del suo vettore, letto con la scala prestabilita e l'angolo che forma con la direzione presa come riferimento daranno la risposta cercata.

PRINCIPIO DI KIRCHHOFF PER LE CORRENTI CONTINUE

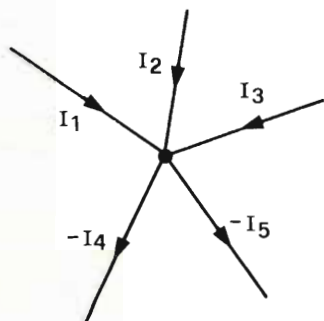
Enunciato

Questo principio dice praticamente che in una rete elettrica la somma (algebrica o vettoriale) delle correnti che entrano e escono da ogni nodo è uguale a zero.

cioè $I_1 + I_2 + I_3 + ... + I_n = 0$
oppure $\Sigma I_n = 0$

L'enunciato dovrebbe essere abbastanza evidente: in un nodo, collegando più conduttori, attraverso i quali si fanno entrare nel nodo stesso più correnti, è indispensabile che la somma di esse esca dallo stesso nodo attraverso uno o più diversi conduttori.

somma = $I_1 + I_2 + I_3$

somma = $I_4 + I_5$

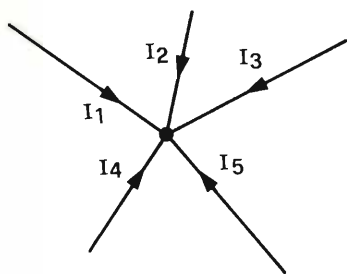
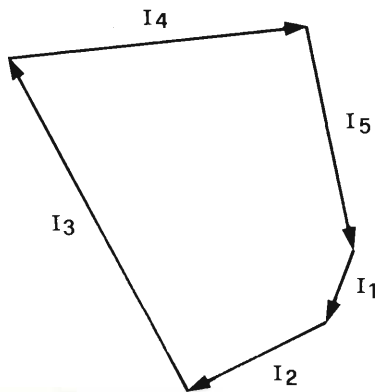
L'evidenza ci dice che le due somme debbano essere uguali, cioè
$I_1 + I_2 + I_3 = I_4 + I_5$

Questo equivale a dire che
$I_1 + I_2 + I_3 - I_4 - I_5 = 0$
cioè, nel bilancio delle entrate, abbiamo preso col segno meno (—) le uscite

Ricordiamo che i principi di Kirchhoff si applicano essenzialmente ai circuiti e servono a calcolare correnti e tensioni in quei casi dove la sola legge di Ohm non è sufficiente

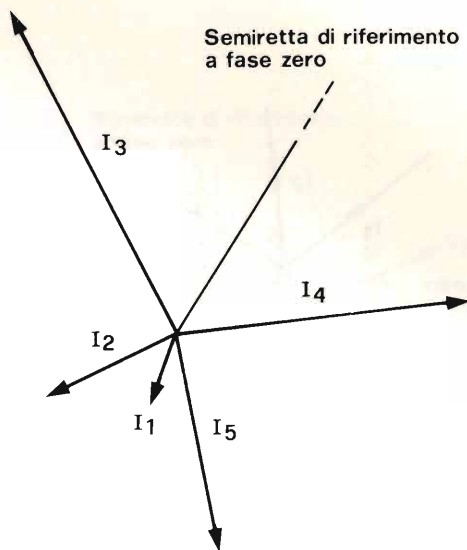
PRINCIPIO DI KIRCHHOFF PER LE CORRENTI ALTERNATE

Validità anche per il caso vettoriale

Qui è già più problematico parlare di correnti entranti e di correnti uscenti.
Sarà meglio riferirci alle correnti come se fossero tutte entranti e poi dire che esse si aggiustano in valore e fase in modo da annullare la somma vettoriale.
La figura della pagina precedente diventa così

Ricordiamo che i principi di Kirchhoff si applicano essenzialmente ai circuiti e servono a calcolare correnti e tensioni in quei casi dove la sola legge di Ohm non è sufficiente

Dimostrazione

Questa poligonale è stata tracciata trasferendo parallelamente a se stessi i vettori delle correnti date.
Essa può essere tracciata anche secondo un diverso orientamento purchè ne vengano mantenuti gli angoli rispetto al riferimento scelto.
Questa poligonale è chiusa su se stessa e perciò dimostra di avere una risultante di valore zero.

Esposizione grafica

Diagramma delle correnti date

Supponiamo che le correnti alternate siano rappresentate mediante il grafico sopra riportato.
Le fasi vengono riferite ad una qualunque corrente presa come riferimento o ad una semiretta qualsiasi presa come riferimento di fase zero.
Come è noto (10.32-2), la lunghezza dei singoli vettori è proporzionale alla corrente che essi rappresentano secondo una scala prestabilita.

Se una corrente è incognita, per determinarla è sufficiente tracciare la poligonale per le altre e poi chiuderla con la corrente incognita: la lunghezza del suo vettore, letto con la scala prestabilita e l'angolo che forma con la direzione presa come riferimento daranno la risposta cercata.

IL TEOREMA DI THEVENIN PER GENERATORE EQUIVALENTE DI F.E.M. COSTANTE

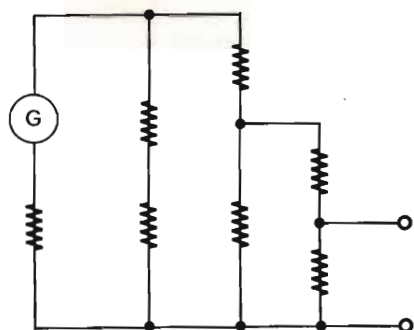
Il teorema si applica essenzialmente agli operatori e costituisce un comodo artificio per il calcolo matematico del comportamento in tensione di un trasduttore rispetto ai suoi terminali di uscita.

Schema originario

f.e.m. equivalente **del trasduttore**.
È quella che è presente all'uscita del trasduttore senza carico (v. schema originario) e che si immagina prodotta da questo generatore equivalente.

generatore equivalente di tensione

Enunciato Questo teorema dice essenzialmente che:

Un trasduttore, costituito da una rete elettrica e completo di generatore, equivale ad un generatore di tensione con resistenza in serie in cui la f.e.m. e la relativa resistenza (interna) dipendono dai parametri degli elementi che costituiscono la rete e si dicono equivalenti (v. par. 13.7).

In sostanza il teorema dice quanto segue:
Un operatore, costituito da una rete elettrica per quanto complessa e completa di generatore, si comporta come un generatore di tensione la cui f.e.m. equivale a quella del generatore reale modificata dai parametri del circuito e la cui resistenza interna serie equivale a quella dell'intera rete ivi compresa la resistenza interna del generatore reale.

Resistenza equivalente serie:
È quella che risulta dal calcolo della resistenza della rete originaria vista dai terminali di uscita con un semplice collegamento in corto al posto del generatore

IL TEOREMA DI THEVENIN PER GENERATORE EQUIVALENTE DI F.E.M. ALTERNATA

Il teorema enunciato alla pagina precedente è valido anche per i regimi alternati purchè si sostituiscano le impedenze alle resistenze e il calcolo sia effettuato vettorialmente (v. 13.5 e 13.6).

Schema originario

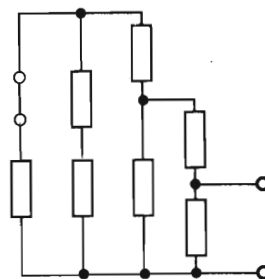
Enunciato per il regime alternato

Un operatore, costituito da una rete elettrica e completo di generatore, equivale ad un generatore di tensione con impedenza in serie, in cui la f.e.m. e la relativa impedenza (interna) dipendono dai parametri degli elementi che costituiscono la rete e si dicono equivalenti.

In sostanza il teorema dice quanto segue

Un operatore, costituito da una rete elettrica per quanto complessa e completa di generatore si comporta come un generatore di tensione la cui f.e.m. equivale a quella del generatore reale e la cui impedenza interna equivale a quella dell'intera rete compresa l'impedenza interna del generatore reale.

f.e.m. equivalente dell'operatore
È quella che è presente all'uscita del trasduttore senza carico (v. schema originario e che si immagina prodotta da questo generatore equivalente

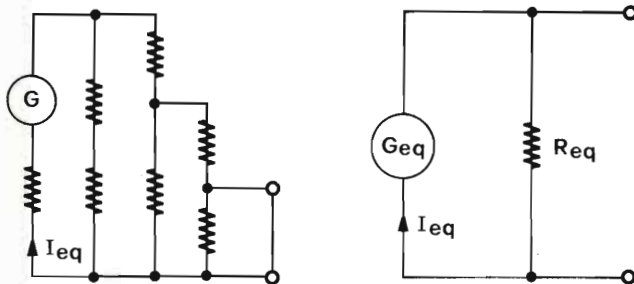
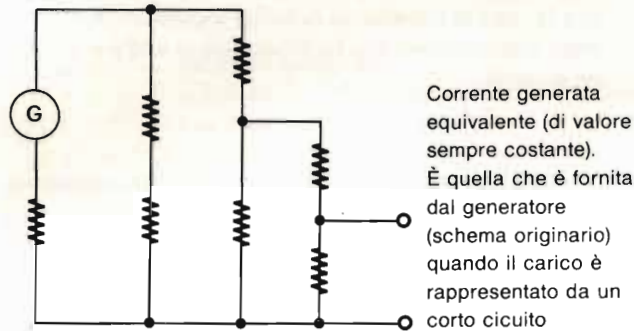
generatore equivalente di tensione

Impedenza equivalente serie:

È quella che risulta dal calcolo vettoriale dell'impedenza della rete originaria vista dai terminali di uscita con un semplice collegamento in corto al posto del generatore

IL TEOREMA DI NORTON PER GENERATORE EQUIVALENTE DI CORRENTE CONTINUA

Il teorema si applica essenzialmente agli operatori e costituisce all'occorrenza un comodo artifizio per il calcolo matematico del comportamento in corrente di un trasduttore rispeto ai suoi terminali di uscita.

Schema originario

Corrente generata equivalente (di valore sempre costante).
È quella che è fornita dal generatore (schema originario) quando il carico è rappresentato da un corto cicuito

Enunciato

Questo teorema dice essenzialmente che:

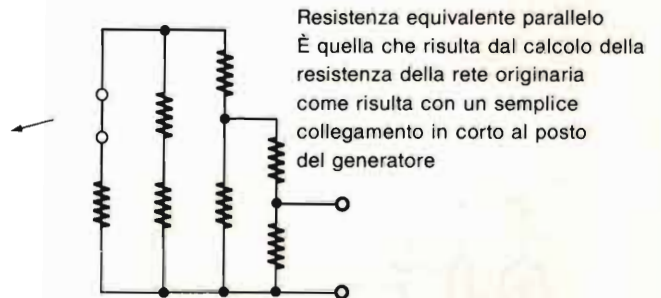
un operatore, costituito da una rete elettrica e completo di generatore, equivale ad un generatore di corrente con resistenza in parallelo, la cui corrente costante generata e la relativa resistenza (interna) dipendono dai parametri del circuito e si dicono equivalenti (v.par. 13.7).

In sostanza il teorema dice quanto segue:

Un operatore, costituito da una rete elettrica per quanto complessa e completa di generatore, si comporta come un generatore di corrente la cui corrente generata (di valore costante in qualunque condizione di carico) equivale a quella del generatore reale, modificata dai parametri del circuito e la cui resistenza interna parallelo equivale a quella dell'intera rete, ivi compresa la resistenza interna del generatore reale.

G

I_{eq}

Resistenza equivalente parallelo
È quella che risulta dal calcolo della resistenza della rete originaria come risulta con un semplice collegamento in corto al posto del generatore

Commento

Il concetto di generatore di corrente è sempre problematico perchè poco intuitivo rispetto quelli di generatore di tensione.

Vediamo di effettuare una analisi comparata dei due concetti per scoprire una perfetta analogia (v. 11.33-2).

Non dovrebbe sorprendere il fatto che la resistenza interna R abbia il medesimo valore in entrambi i casi.

Il generatore di tensione

È costituito da un generatore di f.e.m. e da una resistenza interna in serie R (30.14-1).

Coi terminali di uscita aperti (carico assente) la tensione fra di loro è uguale alla f.e.m., mancando la caduta di tensione ai capi di R.

Coi terminali di uscita in corto circuito si forma una corrente di corto circuito

$$I = E/R.$$

Per qualsiasi valore di carico la tensione ai terminali di uscita (e quindi anche ai capi del carico) si troverà fra zero e il valore E della f.e.m.

Il generatore di corrente

È costituito da un generatore di corrente sempre costante I e da una resistenza interna parallelo R.

Coi terminali di uscita aperti, (carico assente) la tensione V fra di loro è uguale a RI perchè tutta la corrente I generata non può che passare attraverso R.

Coi terminali di uscita in corto circuito, la corrente generata non può che passare tutta attraverso il "corto" mandando a zero la tensione e perciò nessuna corrente può attraversare R.

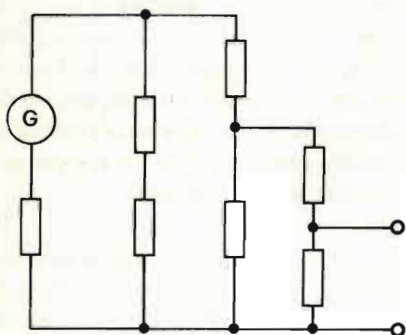
Per qualsiasi valore del carico la tensione ai terminali di uscita (e quindi anche del carico) si troverà fra zero e il valore

$$V = RI$$

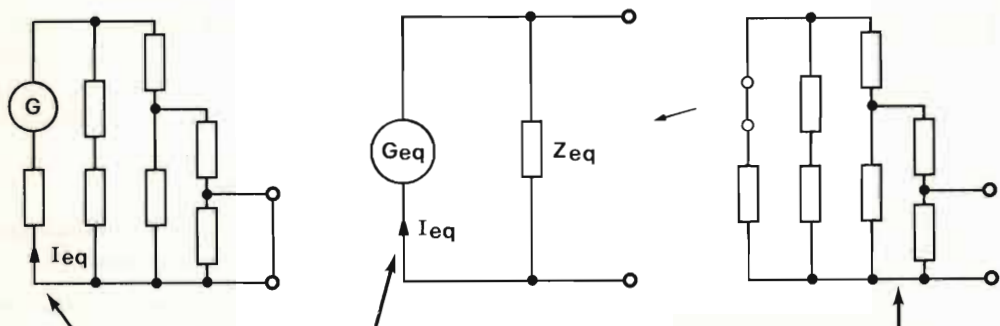
Una parte della corrente prodotta attraversa R, l'altra il carico.
Che la tensione possa variare quando il generatore produce sempre la medesima corrente è dimostrato anche dal fatto che resistenza interna e carico sono in parallelo fra loro e perciò la loro resistenza globale è una variabile in funzione del carico stesso.

IL TEOREMA DI NORTON
PER GENERATORE EQUIVALENTE DI CORRENTE ALTERNATA

Il teorema enunciato alla pagina precedente è valido anche per i regimi alternati purchè si sostituiscano le impedenze alle resistenze e il calcolo sia effettuato vettorialmente.
(V. 13.5 e 13.6)

Schema originario

Enunciato per il regime alternato

Un trasduttore, costituito da una rete elettrica e completo di generatore, equivale ad un generatore di corrente con impedenza in parallelo, la cui corrente alternata generata e la relativa impedenza (interna) dipendono dai parametri degli elementi che costituiscono la rete e si dicono equivalenti.

In sostanza il teorema dice quanto segue: Un trasduttore, costituito da una rete elettrica per quanto complessa e completa di generatore, si comporta come un generatore di corrente alternata la cui corrente generata (di valore costante in qualunque condizione di carico) equivale a quella del generatore reale, modificato dai parametri del circuito e la cui impedenza interna parallelo equivale a quella dell'intera rete ivi compresa l'impedenza interna del generatore reale.

Corrente generata equivalente (alternata, ma di valore sempre costante).
È quella che è fornita dal generatore (schema originario) quando il carico è rappresentato da un corto circuito

Impedenza equivalente parallelo
È quella che risulta dal calcolo vettoriale della impedenza della rete originaria come risulta con un semplice collegamento in corto al posto del generatore.

Avvertenza:
Chi avesse delle perplessità legga i commenti alla pagina precedente

CAPITOLO 31

OPERATORI PASSIVI E REATTIVI

INDICE

par. 31.0 — **Nozioni generali**
arg. 31.01 — Fisionomia dell'operatore passivo
arg. 31.02 — Calcolo grafico

par. 31.1 — **Circuiti costituiti da due elementi lineari in serie**
arg. 31.10 — Indice e impostazione generale del modello
arg. 31.11 — Circuito RR
arg. 31.12 — Circuito RL
arg. 31.13 — Circuito RC
arg. 31.14 — Circuito LR
arg. 31.15 — Circuito LL
arg. 31.16 — Circuito LC
arg. 31.17 — Circuito CL
arg. 31.18 — Circuito CL
arg. 31.19 — Circuito CC

par. 31.2 — **Circuiti costituiti da due elementi lineari in parallelo**
arg. 31.20 — Indice e impostazione generale del modello
arg. 31.21 — Circuito R + R
arg. 31.22 — Circuito R + L
arg. 31.23 — Circuito R + C
arg. 31.24 — Circuito L + R (non trattato)
arg. 31.25 — Circuito L + L
arg. 31.26 — Circuito L + C
arg. 31.27— Circuito C + R (non trattato)
arg. 31.28 — Circuito C + L (non trattato)
arg. 31.29 — Circuito C + C

Paragrafo 31.0

NOZIONI GENERALI

Indice

Arg. 31.01 — **Fisionomia dell'operatore passivo**
pag. 1 — Definizione
Terminali
Grandezze operanti
Operazioni che l'operatore può compiere
" 2 — Ricapitolazione sul partitore di tensione

Arg. 31.02 — **Calcolo grafico**
pag. 1 — Partitore con una resistenza variabile
Traduzione geometrica delle grandezze. Retta di carico
" 2 — Funzionamento del partitore in corrente continua e alternata
" 3 — Influenza del carico sull'ampiezza del segnale uscente
" 4 — Diagramma geometrico completo sull'influenza del carico

Definizione

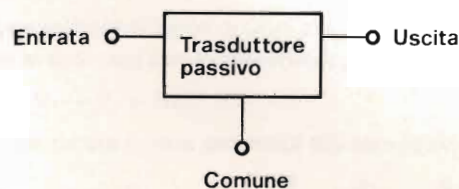
Per operatore passivo, come abbiamo detto in 30.11, si intende un quadripolo costituito da dispositivi a due terminali come resistori, induttori, condensatori, raddrizzatori, ecc.

In esso la potenza in uscita è sempre minore della potenza in entrata.

Terminali

L'operatore è sempre caratterizzato dalla presenza di:

Spesso un terminale di entrata ed un terminale di uscita sono in comune.

Questo fatto non modifica il concetto che:

Grandezze operanti

Le grandezze che generalmente sono implicate nel circuito sono le seguenti:

● tensione ● corrente ● potenza

e possono essere messe in relazione fra loro come è illustrato in questa tabella.

Può essere che all'entrata o all'uscita dell'operatore tensione o corrente interessino più che la potenza.
Resta comunque il fatto imprescindibile che all'entrata e all'uscita sono presenti sempre tutte e tre.
In ultima analisi noi effettuiamo sempre un'operazione **potenza-potenza**.

Infatti, all'ingresso e all'uscita l'operatore si presenta con una propria impedenza caratteristica, la quale fa sì che per ogni tensione applicata si produca una corrente, o che ogni corrente che attraversi un circuito produca una tensione.

Grandezza caratteristica del segnale

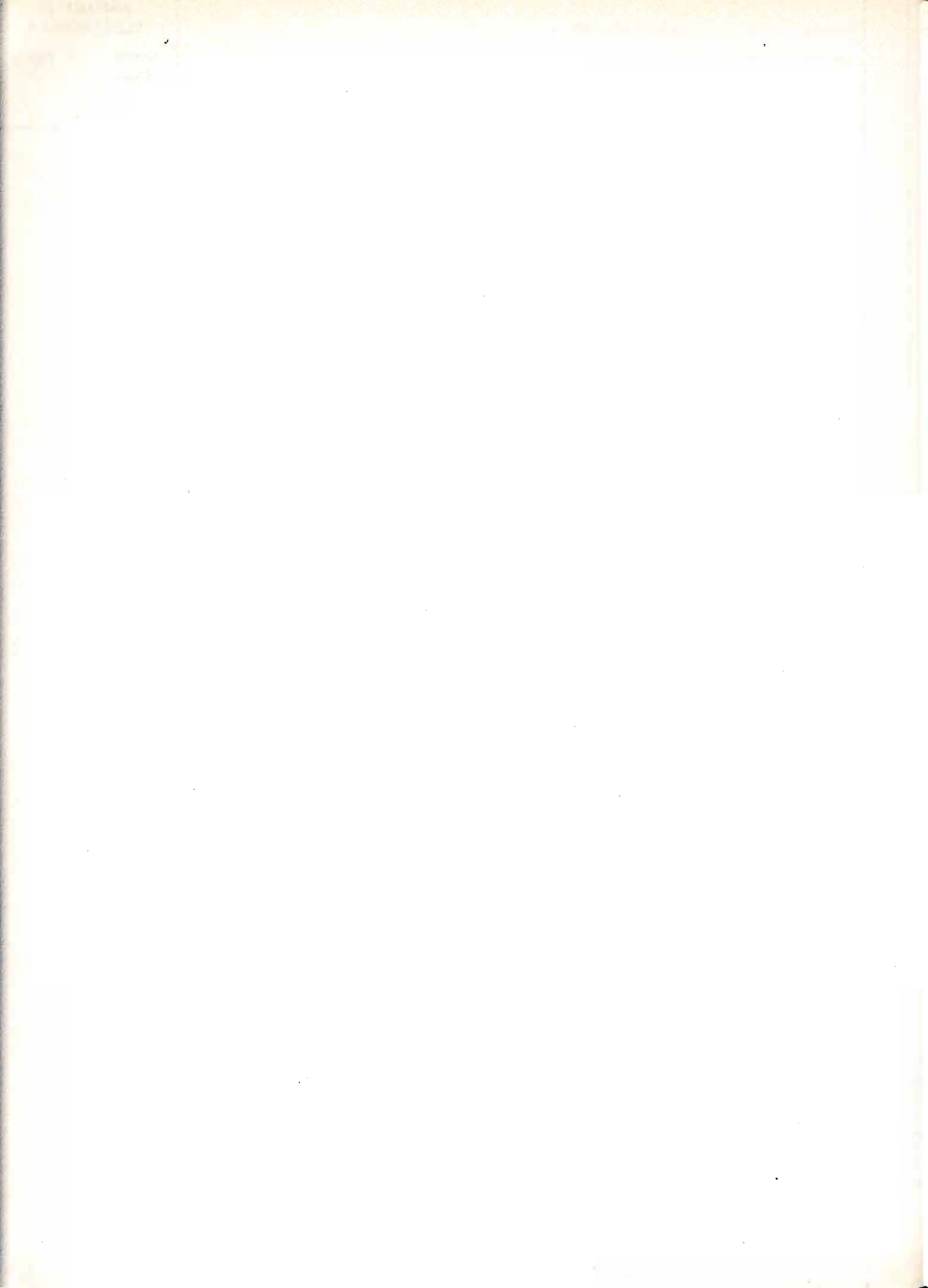
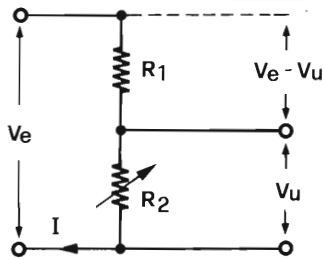
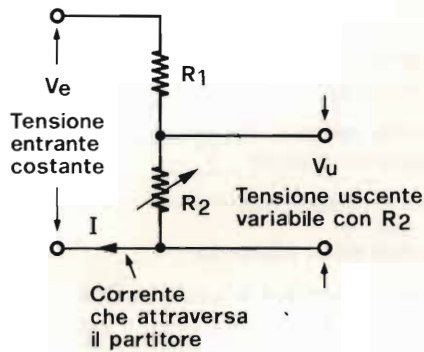
entrante	**uscente**
tensione	— tensione
corrente	— tensione
corrente	— corrente
tensione	— corrente
tensione	— potenza
corrente	— potenza
potenza	— tensione
potenza	— corrente
potenza	**— potenza**

In entrambi i casi il risultato è uno: si è sempre in presenza di potenza per grande o piccola che sia.

Operazioni che l'operatore può compiere

Nell'interno del circuito che costituisce l'operatore si possono compiere operazioni tali che:

- data all'entrata una grandezza (segnale)
- otteniamo all'uscita:
  - a) la stessa grandezza generalmente attenuata
  - b) la stessa grandezza, ma che si comporta diversamente
  - c) un'altra grandezza di valore e comportamento diversi.

La grandezza di entrata e quella di uscita sono legate fra loro dall'operazione algebrica effettuata dal circuito, come vedremo nei dettagli.

PARTITORE CON UNA RESISTENZA VARIABILE

Supponiamo, come spesso succede nell'elettronica degli operatori passivi, che la resistenza R_2 del partitore sia di valore variabile.

Per quanto detto in precedenza, la tensione Vu che esiste ai capi R_2 varierà in conseguenza.

Vediamo di trovare con quale legge essa varia, cioè cerchiamo una relazione che leghi la corrente I che attraversa il partitore con la tensione Vu che si forma ai capi della resistenza R_2 variabile.

Cercheremo cioè la cosiddetta caratteristica di uscita o caratteristica tensione-corrente dell'operatore.

Per far questo è sufficiente applicare la legge di Ohm alla resistenza fiss R_1 esprimendo la tensione ai suoi capi come differenza fra Ve e Vu, cioè

$$V_e - V_u = R_1 I$$

Questa equazione si può esprimere in due altri modi più espressivi

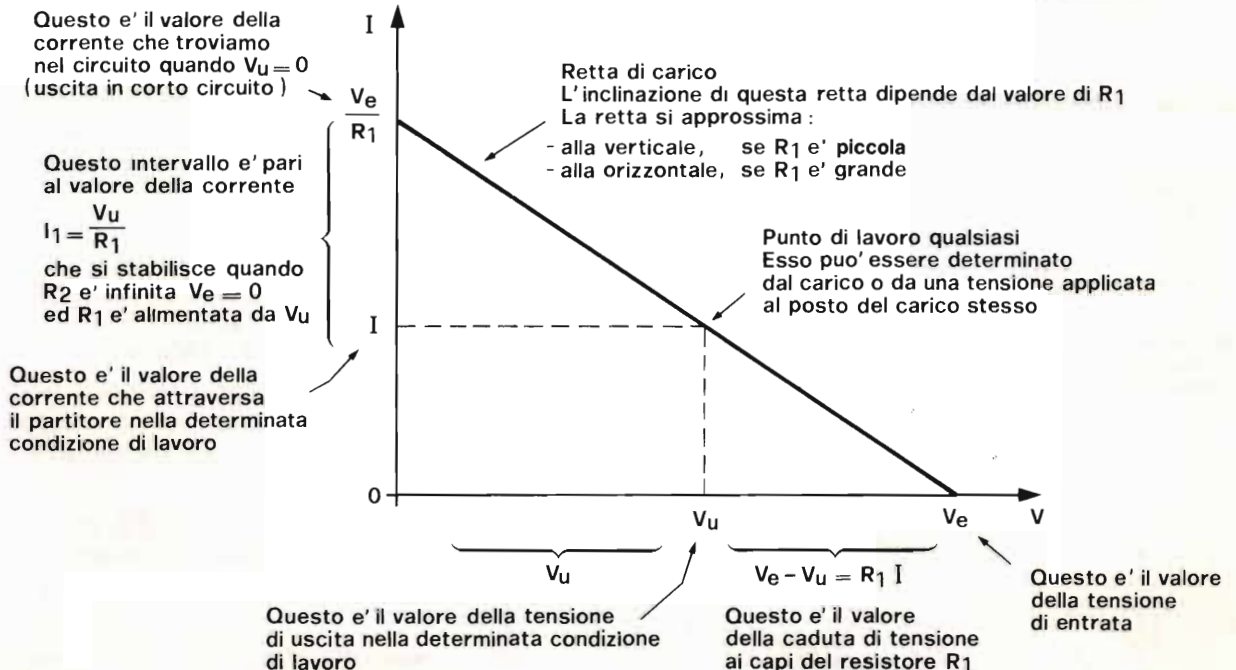
1) la corrente che attraversa il partitore consta della corrente che vi si stabilisce quando R_2 è in corto circuito ($V_u = 0$) $\rightarrow \frac{V_e}{R_1}$ diminuita della corrente che vi si stabilisce quando R_2 è infinita (circuito aperto) e $V_e = 0$ $\rightarrow \frac{V_u}{R_1}$

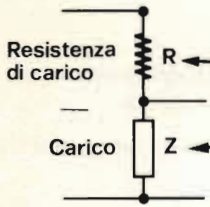
$$I = \frac{V_e}{R_1} - \frac{V_u}{R_1}$$

2) la tensione di uscita consta della tensione fissa di entrata (V_e) diminuita della caduta di tensione ai capi di R_1 ($R_1 I$)

$$V_u = V_e - R_1 I$$

TRADUZIONE GEOMETRICA DELLE GRANDEZZE. RETTA DI CARICO

Tutti i modi di esprimere l'equazione del partitore, sono sintetizzati nel seguente diagramma cartesiano:

Osservare l'analogia con il comportamento dei generatori, illustrato in 11.13-1.

Definizioni e chiarimenti

Purtroppo una consuetudine, dettata da altri motivi pur validi che vedremo, ha creato alcune ambiguità di definizione che ora dobbiamo chiarire e cioè:

questa, che potrebbe essere chiamata **resistenza limitatrice**, è invece normalmente chiamata **resistenza di carico**,

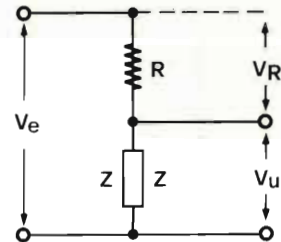
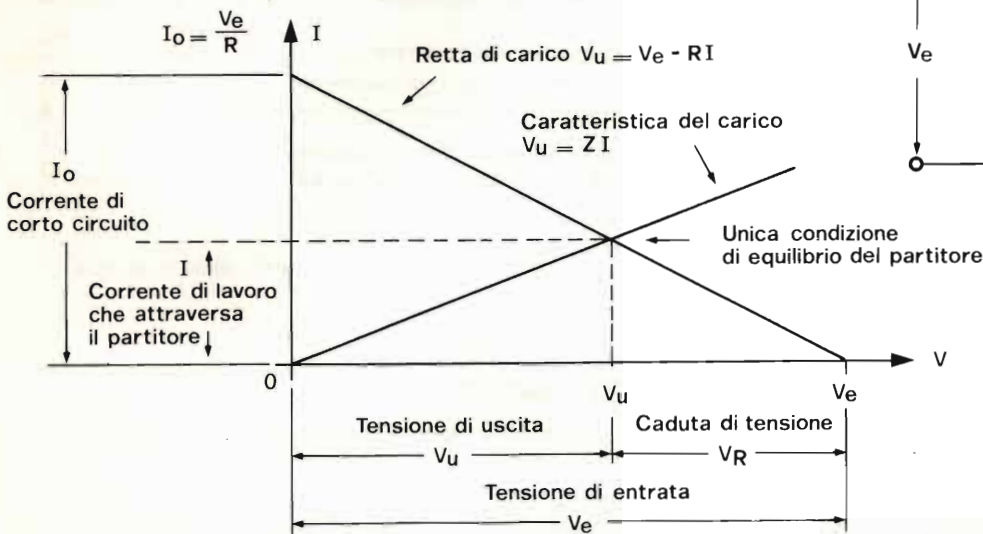
mentre questo è ciò che normalmente viene chiamato **carico**, intendendosi con questa definizione la potenza elettrica che esso richiama.

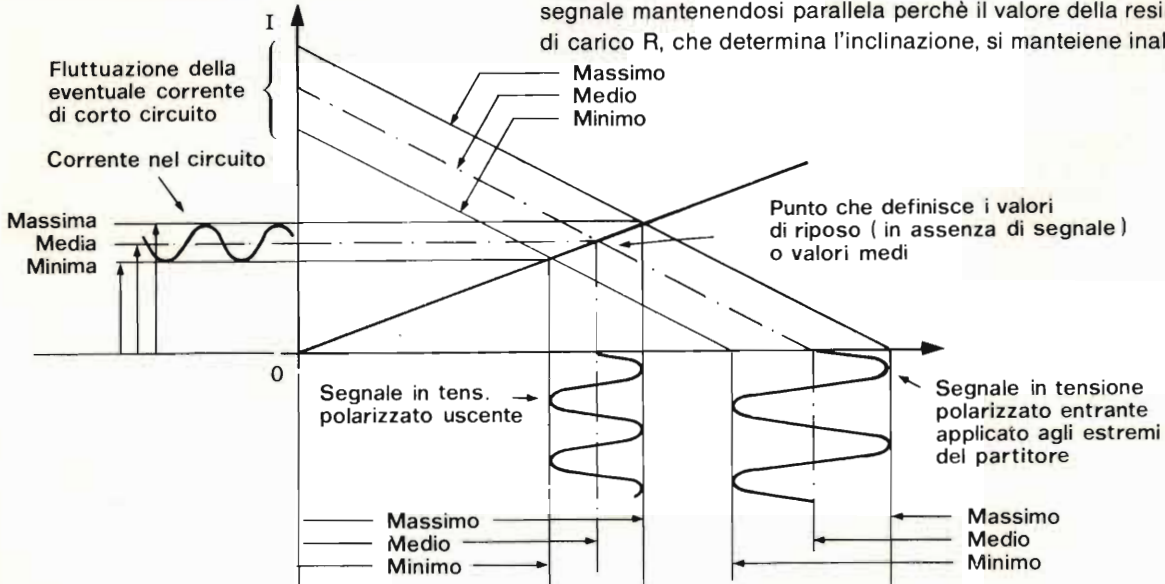
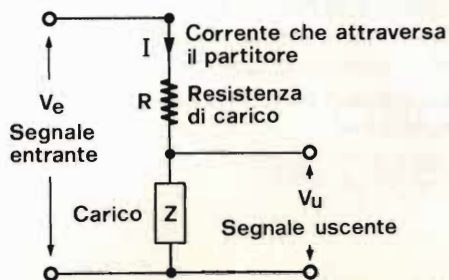
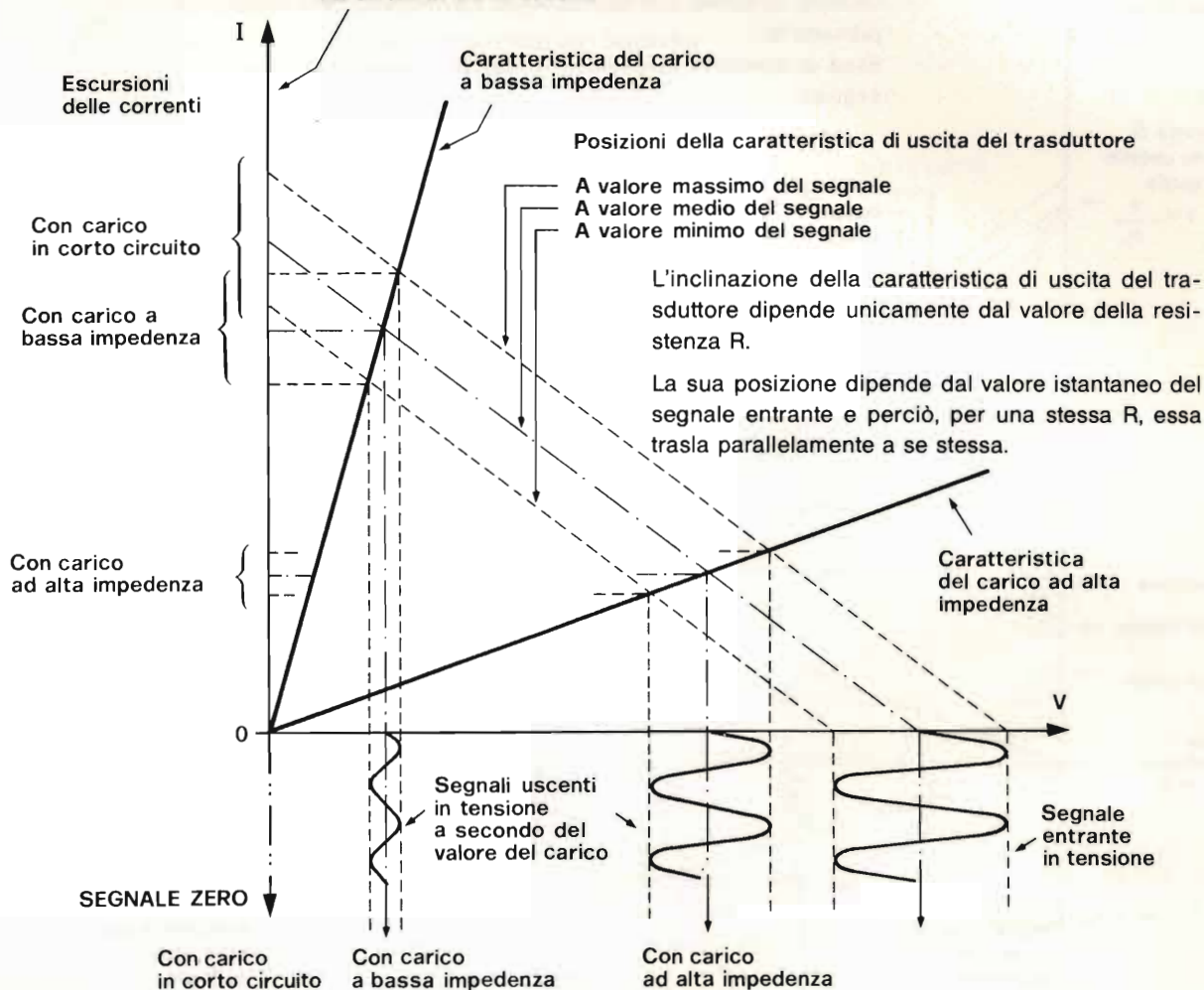
L'impedenza di questo carico ha una componente resistiva che chiameremo **resistenza del carico** o resistenza dell'utilizzatore.

Attenzione dunque alle differenze di significato quando la preposizione «di» è articolata (del).

Caratteristiche combinate: quella del partitore con quella del carico che esso alimenta

Se al diagramma che rappresenta il comportamento della corrente che attraversa il partitore in funzione della tensione di uscita V_u (retta di carico), sovrapponiamo il comportamento della resistenza del carico, il cui andamento rettilineo passa per l'origine (vedi 11.70), potremo trarre le seguenti interessanti considerazioni.

a) Caso di ingresso in tensione continua

b) Caso di ingresso in tensione alternata

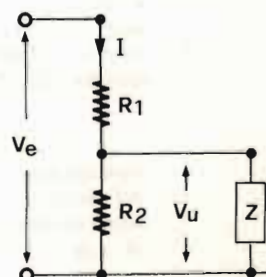
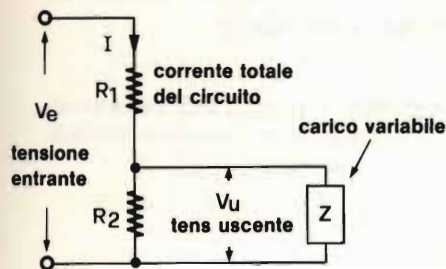
Al variare della tensione di entrata, la retta di carico si sposta col segnale mantenendosi parallela perchè il valore della resistenza di carico R, che determina l'inclinazione, si manteiene inalterato.

INFLUENZA DEL CARICO SULL'AMPIEZZA DEL SEGNALE USCENTE

Viene illustrato geometricamente il primo caso esposto in 30.11-2 per il trasduttore tensione-tensione, quando la sezione inferiore del partitore è costituita dal solo carico.

L'inclinazione della caratteristica di uscita del trasduttore dipende unicamente dal valore della resistenza R.

La sua posizione dipende dal valore istantaneo del segnale entrante e perciò, per una stessa R, essa trasla parallelamente a se stessa.

Come si vede, a parità di ampiezza di segnale entrante, il segnale uscente è tanto minore quanto più bassa è l'impedenza del carico.
In particolare, il segnale uscente è zero quando il carico è in corto circuito.

Osservazione

La rappresentazione geometrica vale anche per un partitore completo con il carico collegato alla sezione inferiore, come in figura.
La validità è effettiva quando, come caratteristica del carico, si prende la caratteristica globale del carico con la resistenza R_2 in parallelo.
Anche in questo caso, però, si può usare un artificio geometrico che viene illustrato nella pagine seguente.

★

Si studiano, mediante un artificio geometrico, le varie ampiezze che un segnale in uscità può avere in funzione della variazione di valore di un carico collegato in parallelo alla sezione inferiore di un partitore di tensione.
È un esercizio interessante e che sarà molto utile per lo studio di molti circuiti elettronici.

Correnti totali nel circuito

I

La **retta di carico** è la caratteristica discendente della resistenza primaria $\mathbf{R_1}$.
Essa si mantiene parallela a se stessa al variare dei valori del segnale.

a causa di corto circuito all'uscita $I = \frac{V}{R_1}$

massimo
medio
minimo

Caratteristica della resistenza secondaria R_2

Poichè il suo valore è fisso, sarà fissa la inclinazione di questa retta

con carico forte

con carico debole

con carico assen.

senza resistenza $R_2 (I = 0)$

0

tensione V

caratteristica del carico assente ($Z = \infty$)

V_e segnale entrante

caratteristica del carico debole (Z alta)

segnali uscenti a seconda del carico

in corto	(Z = 0)
forte	(Z bassa)
debole	(Z alta)
assente	($Z = \infty$)

I differenti valori del carico (in ohm) sono rappresentati dalle diverse inclinazioni di queste rette che passano per l'origine.

Per inclinazione si intende il rapporto tensione/corrente = resistenza.

caratteristica del carico in corto circuito (Z = 0)

caratteristica del carico forte (Z bassa)

Paragrafo 31.1

CIRCUITI COSTITUITI DA DUE ELEMENTI LINEARI IN SERIE

INDICE E IMPOSTAZIONE GENERALE DEL MODELLO

arg. 31.10 — **Indice e impostazione generale del modello**
pag. 0 — Indice del paragrafo
" 1 — Scelta degli elementi
" 2 — Impostazione generale di calcolo delle impedenze
" 3 — Determinazione dei valori delle impedenze di entrata e di uscita
" 4 — Condizioni di massimo trasferimento di potenza

arg. 31.11 — **Circuito RR**
pag. 1 — Generalità
" 2 — Comportamento vettoriale dei parametri in alternata
" 3 — Il potenziometro. Criterio di scelta del valore della resistenza
" 4 — Il potenziometro. Influenza dell'impedenza del generatore

arg. 31.12 **Circuito RL**
pag. 1 — Generalità
" 2 — Comportamento vettoriale dei parametri in alternata
" 3 — Comportamento delle tensioni in alternata
" 4 — Comportamento delle tensioni nei fenomeni transitori

arg. 31.13 **Circuito RC**
pag. 1 — Generalità
" 2 — Comportamento vettoriale dei parametri in alternata
" 3 — Comportamento delle tensioni in alternata
" 4 — Comportamento delle tensioni nei fenomeni transitori

arg. 31.14 **Circuito LR**
pag. 1 — Generalità
" 2 — Comportamento vettoriale dei parametri in alternata
" 3 — Comportamento delle tensioni in alternata
" 4 — Comportamento nei fenomeni transitori delle tensioni

arg. 31.15 **Circuito LL**
pag. 1 — Generalità
" 2 — Comportamento vettoriale dei parametri in alternata

arg. 31.16 **Circuito LC**
pag. 1 — Generalità
" 2 — Comportamento vettoriale dei parametri in alternata
" 3 — Comportamento delle tensioni in alternata
" 4 — Comportamento nei fenomeni transitori delle tensioni

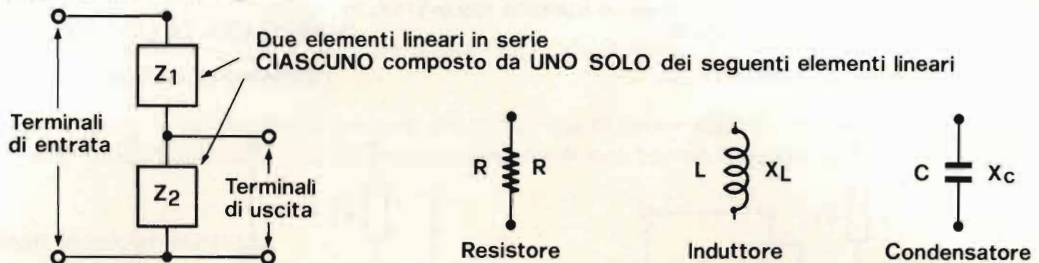
arg. 31.17 **Circuito CR**
pag. 1 — Generalità
" 2 — Comportamento vettoriale dei parametri in alternata
" 3 — Comportamento delle tensioni in alternata
" 4 — Comportamento nei fenomeni transitori delle tensioni

arg. 31.18 **Circuito CL**
pag. 1 — Generalità
" 2 — Comportamento vettoriale dei parametri in alternata
" 3 — Comportamento delle tensioni in alternata
" 4 — Comportamento delle tensioni nei fenomeni transitori

arg. 31.19 **Circuito CC**
pag. 1 — Generalità
" 2 — Comportamento vettoriale dei parametri in alternata

Fonti di Informazione

SCELTA DEGLI ELEMENTI

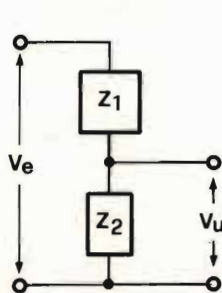
In tutto questo paragrafo 31.1 esamineremo il comportamento degli operatori essenzialmente costituiti in generale come indicato in figura.

Studieremo perciò il comportamento dei vari circuiti serie che risultano dalla combinazione di questi tre elementi presi a due per volta.

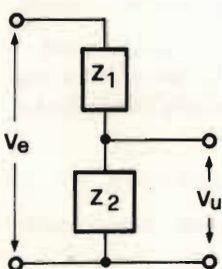
Essi sono 9 come potrete constatare sfogliando gli argomenti che seguono.

Non dimentichiamo che lo studio parte dal principio di

Pertanto, dato un tipo di tensione V_e entrante, la scelta di Z_1 e di Z_2 ha il solo scopo di determinare delle modificazioni algebriche in modo da ottenere un altro tipo di tensione V_u uscente.

Esamineremo ora per grandi linee come intervengono gli elementi lineari sulle possibili caratteristiche della tensione entrante V_e.

Influenza di Z_1 sulla tensione di uscita V_u

Se Z_1 è un	Le componenti del valore di V_u saranno continua	alternata
resistore R_1 di resistenza R_1	attenuata proporzionalmente a R_1	attenuata proporzionalmente a R_1
induttore L_1 di reattanza X_{L1}	integra teoricamente	attenua proporzionalmente a X_{L1}
condensatore C_1 di reattanza X_{C1}	nulla teoricamente	attenuata proporzionalmente a X_{C1}

Influenza di Z_2 sulla tensione di uscita V_u

Se Z_2 è un	Le componenti del valore di V_u saranno in continua	in alternata
resistore R_2 di resistenza R_2	proporzionale a R_2	proporzionale a R_2
induttore L_2 di reattanza X_{L2}	nulla teoricamente	proporzionale a X_{L2}
condensatore C_2 di reattanza X_{C2}	integra teoricamente	proporzionale a X_{C2}

Si considera l'influenza dell'impedenza del generatore (Z_g) e del cario (Z_c) - vedi paragrafi 13.7, 13.8 e 13.9

IMPEDENZA DI ENTRATA

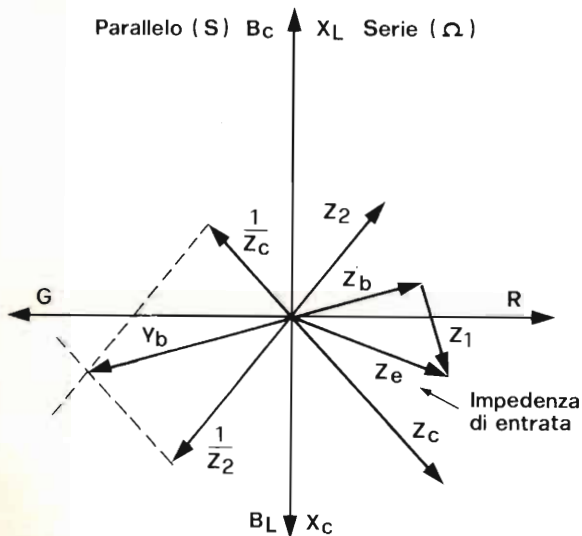
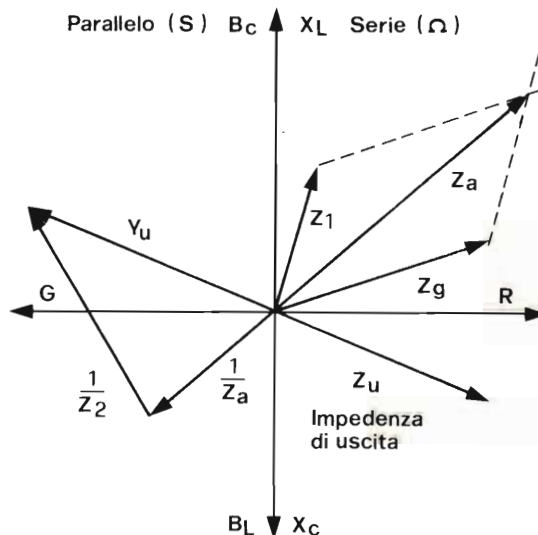
Schema di calcolo

L'impedenza di carico fa parte integrante della impedenza di entrata dell'operatore.

IMPEDENZA DI USCITA

Schema di calcolo

L'impedenza del generatore fa parte integrante dell'impedenza di uscita dell'operatore.

Modello di calcolo grafico

Modello di calcolo grafico

Osservazioni

Se una impedenza Z è data con le sue componenti serie (resistenza R e reattanza X), per arrivare alla determinazione della relativa ammettenza Y, bisogna prima calcolare l'impedenza Z come somma vettoriale di R + X e poi si calcola l'ammettenza $Y = 1/Z$.

È sbagliato, e fate la prova se non ci credete, che Y sia uguale alla somma vettoriale di $1/R + 1/X$.

Si può calcolare $G = 1/R$ e $B = 1/X$ solo quando queste grandezze formano da sole l'impedenza Z (che coincide con l'una o con l'altra).

DETERMINAZIONE DEI VALORI DELLE IMPEDENZE DI ENTRATA E DI USCITA

Premesse

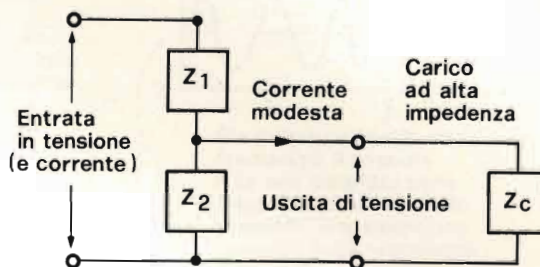
Riprendiamo gli argomenti già trattati in 30.12-6 per adattarli a questo caso.

I principali tipi di operatore che si possono creare con i circuiti costituiti da due elementi lineari serie sono i seguenti.

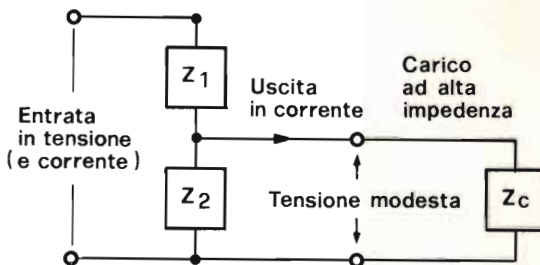
Si considera tensione la grandezza entrante, ma nulla vieta di considerare anche la relativa corrente come grandezza entrante, essendo le due grandezze legate fra di loro tramite l'impedenza di entrata.

Operatori tensione-tensione

Viste le premesse, la grandezza uscente è una tensione quando il carico presenta un'impedenza così alta, mentre l'operatore presenta una impedenza di uscita così bassa, da rendere la stessa tensione di uscita insensibile a ragionevoli variazioni di impedenza del carico.

Il valore della corrente di uscita è molto basso.

Operatori tensione-corrente

Viste le premesse, la grandezza uscente è una corrente quando, il carico presenta un'impedenza così bassa, mentre l'operatore presenta una impedenza di uscita così alta, da rendere la stessa corrente di uscita insensibile a ragionevoli variazioni dell'impedenza del carico.

Il valore della tensione di uscita è molto basso.

Operatori potenza-potenza

Il trasferimento di massima potenza si deve intendere come il trasferimento della massima potenza apparente.

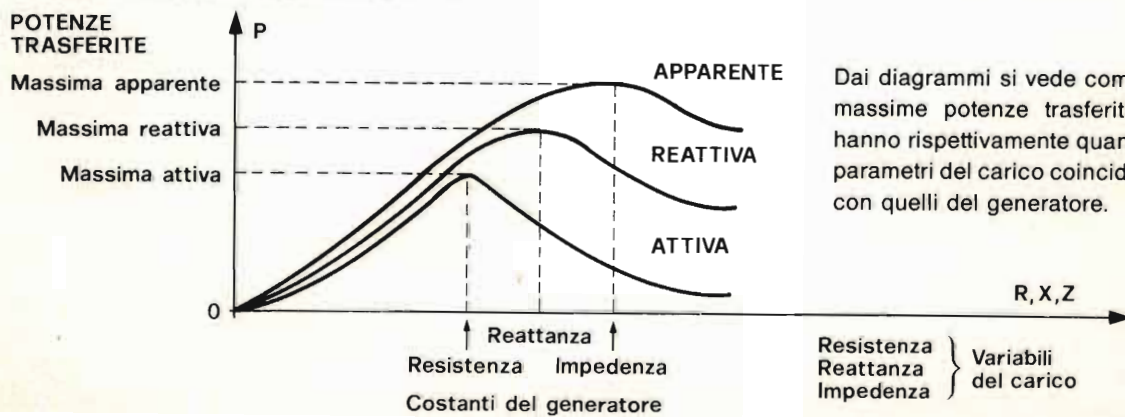
$$P_a = Z\,I^2 = \frac{V^2}{Z}$$

Ciò si verifica quando

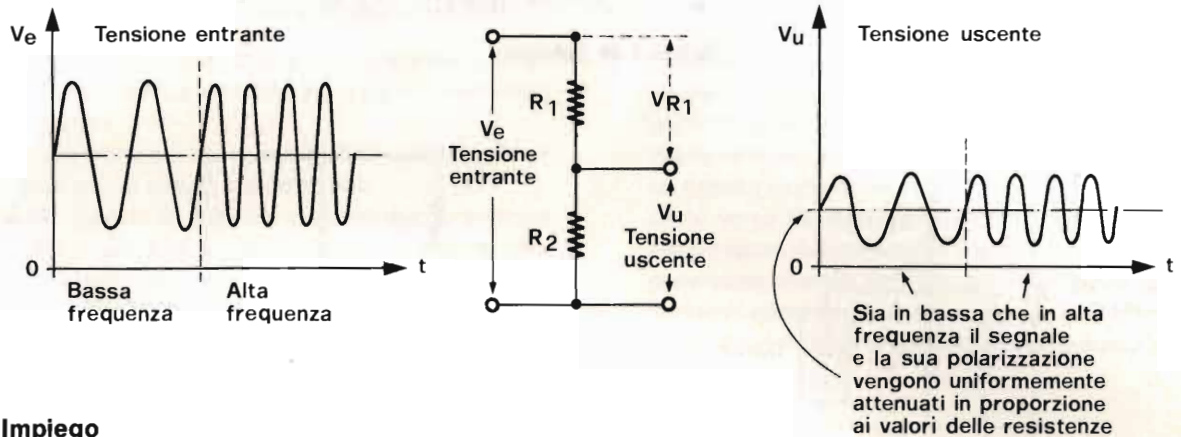
- l'impedenza di uscita del carico è uguale e coniugata a quella del generatore.

Questo significa che

- le resistenze del carico e del generatore devono essere uguali
- le reattanza del carico e del generatore devono essere uguali ed opposte, cioè, se il carico è induttivo il generatore deve essere capacitivo e viceversa.

Valori diversi fra le due impedenze trasferiscono potenze inferiori come si può facilmente constatare.
Si osservi il seguente diagramma generale.

Dai diagrammi si vede come le massime potenze trasferite si hanno rispettivamente quando i parametri del carico coincidono con quelli del generatore.

GENERALITA' SUL CIRCUITO RR

Schema illustrativo - per tensione entrante alternata di varia frequenza e polarizzata.

Impiego

Riduttore di tensione insensibile ai valori della frequenza e quindi attenuatore ideale per l'alta fedeltà.

Coefficienti di attenuazione

componente alternata del segnale in uscita

$$V_u = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_e$$

← componente alternata del segnale in entrata

componente continua del segnale in uscita

$$U_u = \frac{R_2}{R_1 + R_2} U_e$$

← componente continua del segnale in entrata

Vantaggi:
- Economicità di costo
- Alta fedeltà di risposta

Svantaggi:
- Esercizio dispendioso a causa della dispersione di energia causata dai resistori principalmente nel caso in cui si debbano manipolare correnti forti.

Osservazioni

La tensione di uscita V_u è stabile solo se il carico applicato rimane costante.

Per diminuire le variazioni di tensione in funzione delle variazioni di carico, bisognerebbe diminuire proporzionalmente i valori delle resistenze R_1, e R_2 in modo da aumentare la corrente che attraversa il partitore.

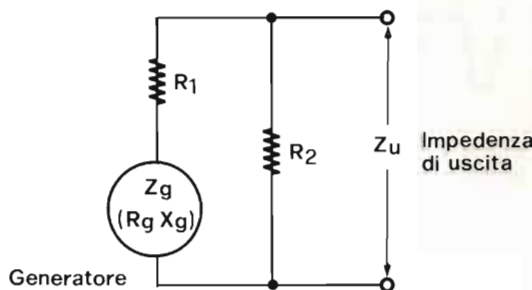
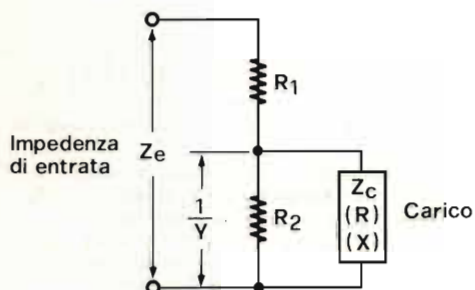
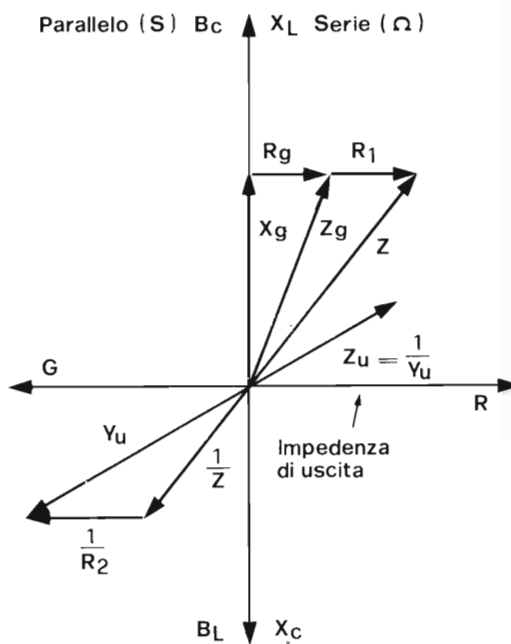
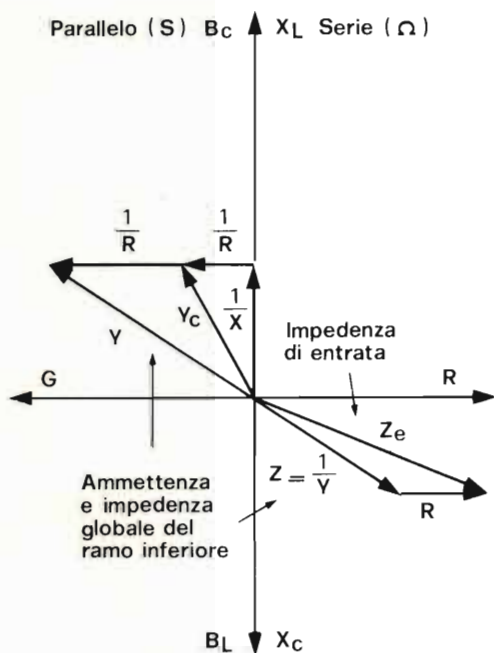
In questo modo le correnti che attraversano il carico risulteranno molto inferiori a quella che attraversa il partitore ed influenzeranno poco la caduta di tensione di V_{R1}.

Ovviamente, però, aumenta la potenza dispersa.

COMPORTAMENTO VETTORIALE DEI PARAMETRI IN ALTERNATA

Si considera l'influenza dell'impedenza del generatore (Z_g) e del carico (Z_c) - vedi paragrafi 13.7, 13.8 e 13.9.

IMPEDENZA DI ENTRATA **IMPEDENZA DI USCITA**

Schemi di calcolo

Modelli di calcolo grafico

Osservazioni

La presenza del carico influenza notevolmente il valore di Z_e.

L'impedenza di entrata dell'operatore è insensibile alle variazioni di frequenza quando il carico possiede una impedenza molto alta o costituita dalla sola componente resistiva.

La presenza del generatore influenza notevolmente il valore di Z_u.

L'impedenza di uscita dell'operatore è insensibile alle variazioni di frequenza quando il generatore possiede un'impedenza molto bassa o costituita dalla sola componente resistiva.

IL POTENZIOMETRO

Criterio di scelta del valore della resistenza

Premessa

Il potenziometro (v. sez. 2) è un componente di largo impiego in elettronica e perciò vale la pena di dedicargli alcune pagine.
La composizione del suo nome farebbe pensare ad uno strumento per la misura dei potenziali.
In realtà, quando è costruito con estrema precisione esso è il componente fondamentale di un apparecchio un po' più complesso per la misura dei potenziali.
In vasti settori dell'elettronica non è necessaria una perfetta rispondenza fra la posizione del cursore e il valore di resistenza da esso abbracciata.

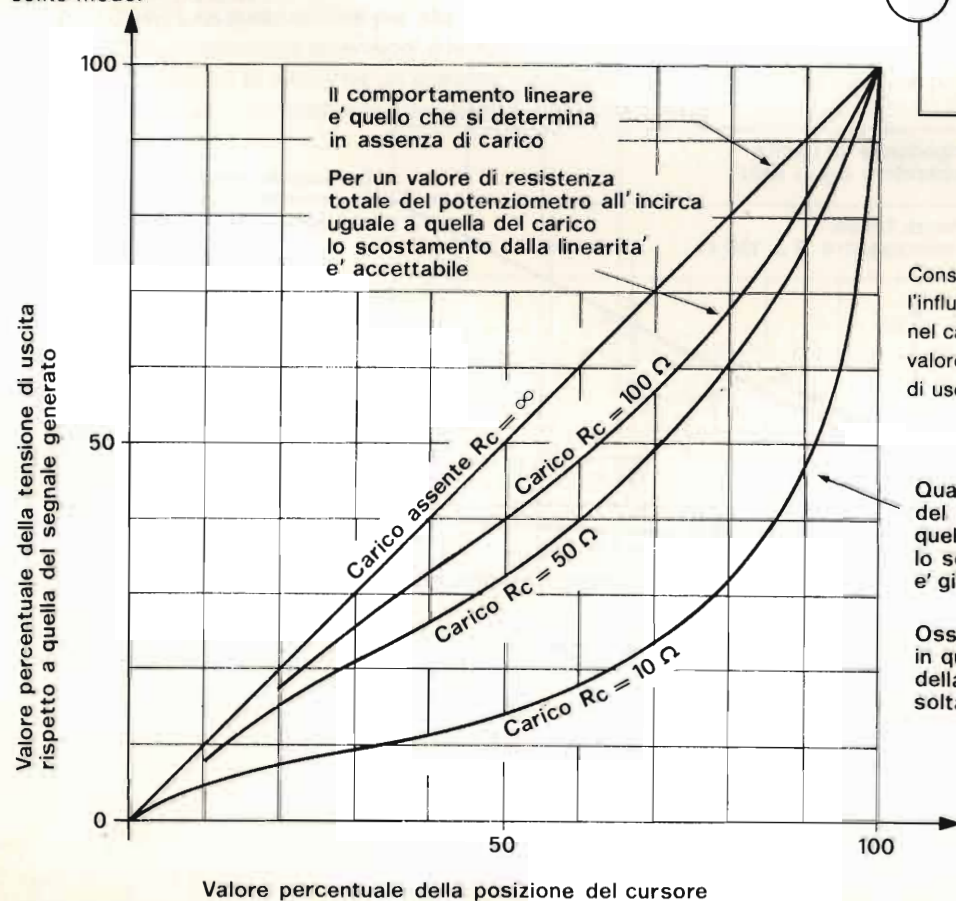
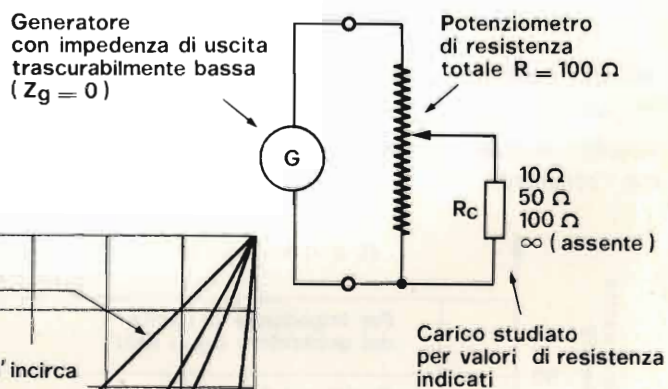
La scelta del valore della sua resistenza totale in funzione del valore di impedenza del carico è estremamente importante per non avere delle sorprese.
Vedremo dunque come un valore troppo alto di resistenza rispetto a quella del carico, riduce il campo di variazione verso l'estremità della corsa, mentre un valore troppo basso richiamerebbe troppa energia inutile che il generatore, magari, non è in grado di fornire.
Vedremo come la condizione ottimale è quella di usare un potenziometro di resistenza uguale a quella del carico.

Studio

Abbiamo preso ad esempio il circuito a fianco riportato ed i valori che si sono scelti.

Abbiamo fatto i calcoli che non riportiamo per la loro semplicità ed in perfetta analogia con quanto descritto alle pagine prècedenti.

Abbiamo invece riportato in grafico i risultati ottenuti.

I commenti sono esposti accanto al grafico al nostro solito modo.

IL POTENZIOMETRO

Influenza dell'impedenza del generatore sui risultati

Premessa

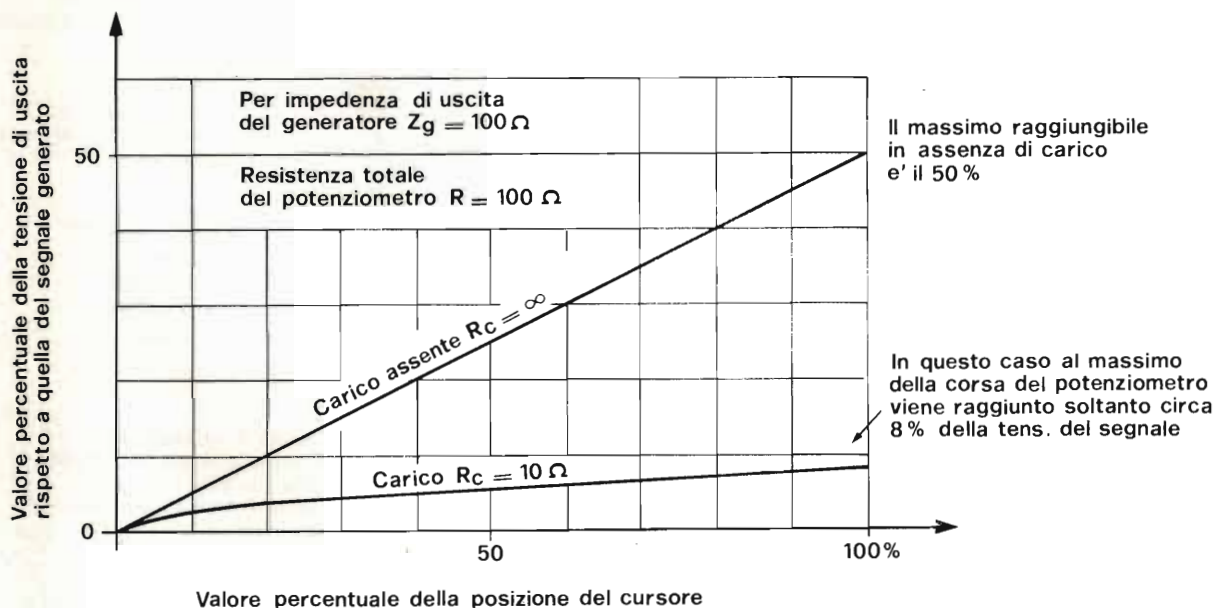
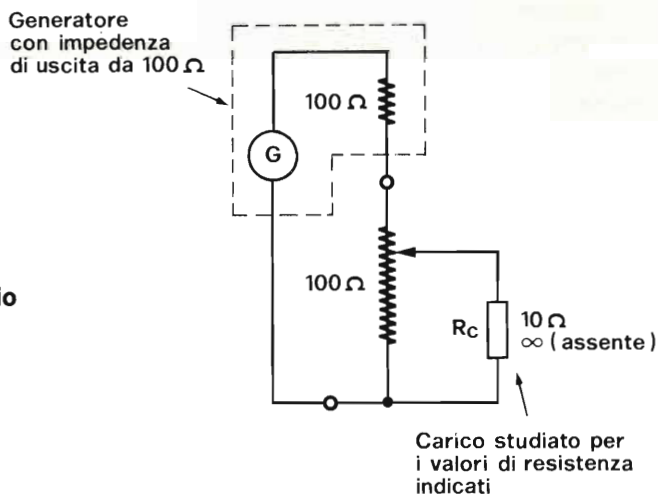
Non a caso nella pagine precedente abbiamo immaginato nulla l'impedenza del generatore.

Infatti questa è l'unica condizione che ci permette di avere il 100% del segnale generato al massimo della corsa del potenziometro.

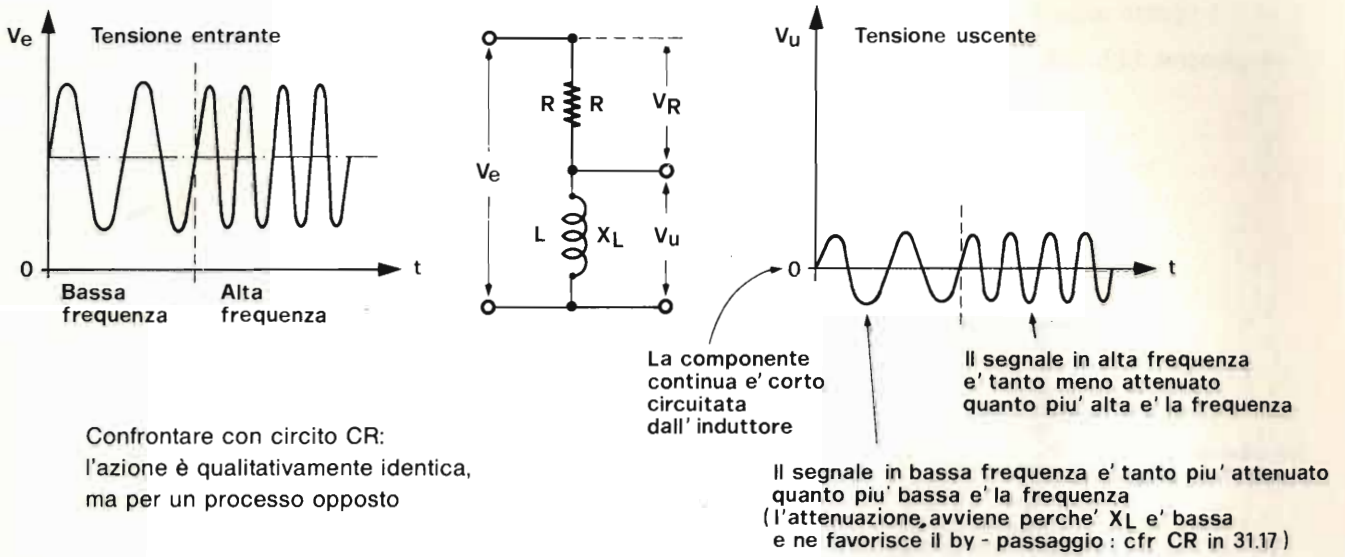
La presenza di questa impedenza peggiora la situazione soprattutto per valori molto superiori a quello del carico.

Studio

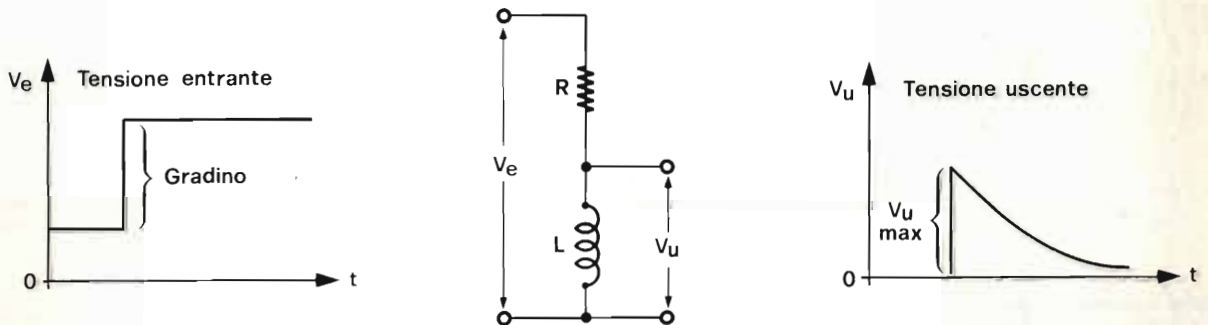
Abbiamo preso ad esempio il circuito a fianco riportato ed i valori che si sono scelti.

A calcoli effettuati abbiamo riportato in grafico i risultati con i commenti.

GENERALITA' SUL CIRCUITO CR

Schema illustrativo per tensione entrante alternata polarizzata e di varia frequenza.

Confrontare con circito CR:
l'azione è qualitativamente identica,
ma per un processo opposto

Impiego

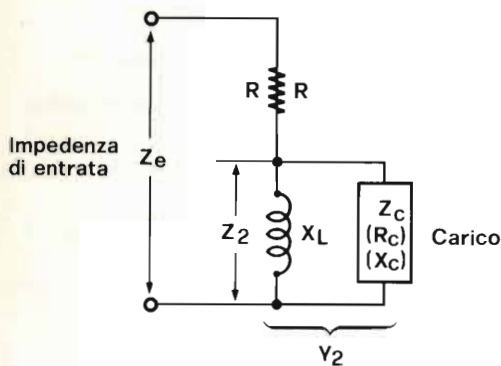
a) Operatore preferenziale per alte frequenze in casi particolari
b) Circuito sfasatore di tensioni alternate. Attenzione: (v. pag. 3)
La tensione di uscita ha un estremo in comune con la tensione entrante (v. pag. 3)
La tensione di uscita e la fase variano con la frequenza

Risposta al gradino

COMPORTAMENTO VETTORIALE IN ALTERNATA DEI PARAMETRI

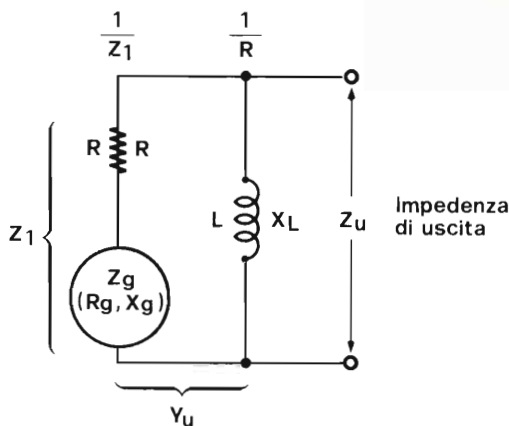
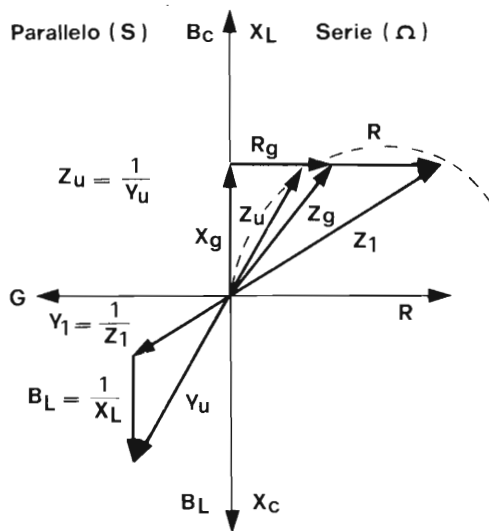
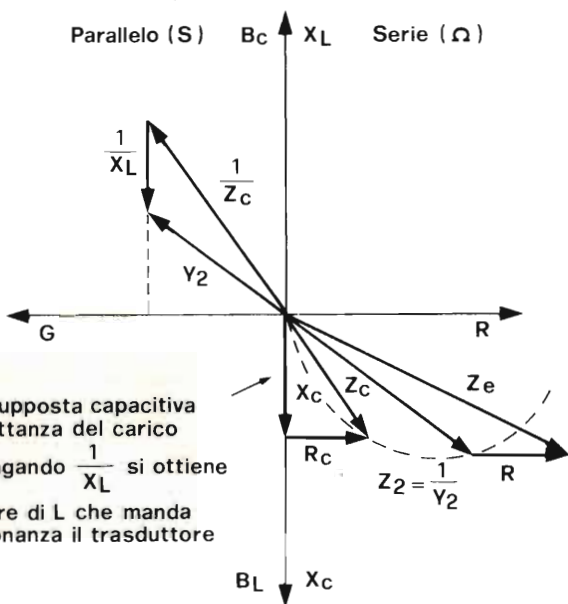
Si considera l'influenza: dell'impedenza del generatore (Z_g) e dell'impedenza del carico (Z_c

v. paragrafi 13.7, 13.8, 13.9. (vol. 1)

Schemi di calcolo

IMPEDENZA DI ENTRATA

IMPEDENZA DI USCITA

Modelli di calcolo grafico

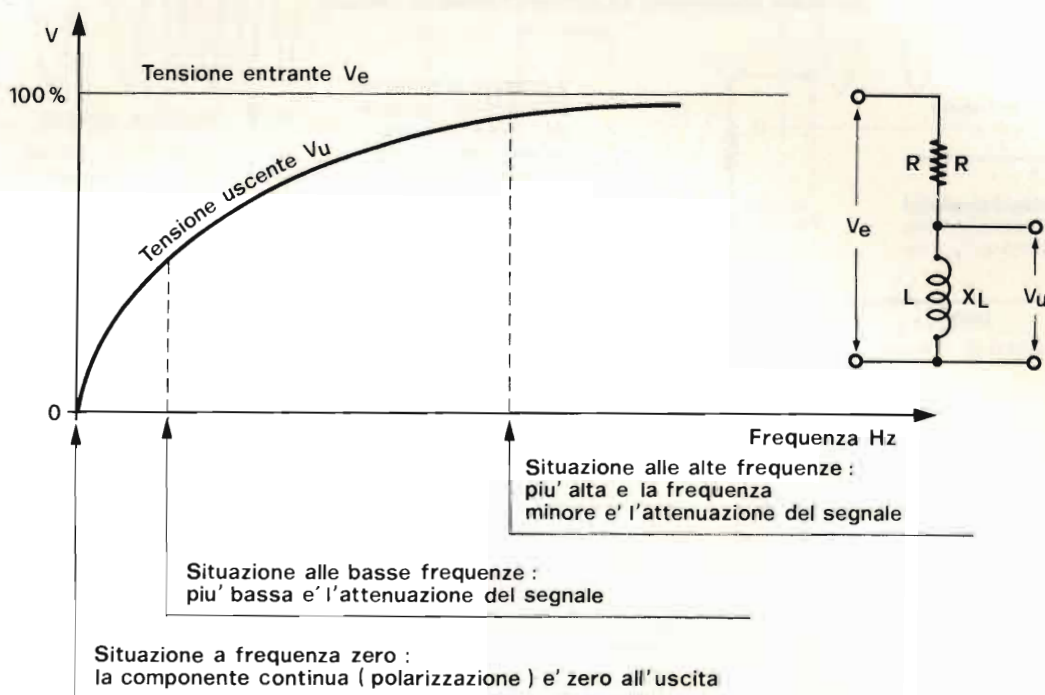
Si e' supposta capacitiva la reattanza del carico
Prolungando $\frac{1}{X_L}$ si ottiene il valore di L che manda in risonanza il trasduttore

Osservazione

Questo sistema non può andare in risonanza data la presenza pure induttiva dell'impedenza Z_g del generatore.

COMPORTAMENTO DELLE TENSIONI IN ALTERNATA

La limitazione di questo caso consiste nel supporre:
— trascurabilmente bassa impedenza del generatore
— trascurabilmente alta l'impedenza del carico

Comportamento della tensione di uscita al variare della frequenza della tensione di entrata (per dettagli v. paragrafi da 13.5 a 13.9).

Diagramma di comportamento

Espressioni algebriche

$$V_u = \frac{X_L}{Z} V_e = \frac{X_L V_e}{\sqrt{X_L^2+R^2}} = \frac{X_L V_e}{\sqrt{\omega^2 L^2+R^2}}$$

$$V_u = N_e \operatorname{sen} \varphi$$

Sfasamenti fra tensioni di entrata e di uscita

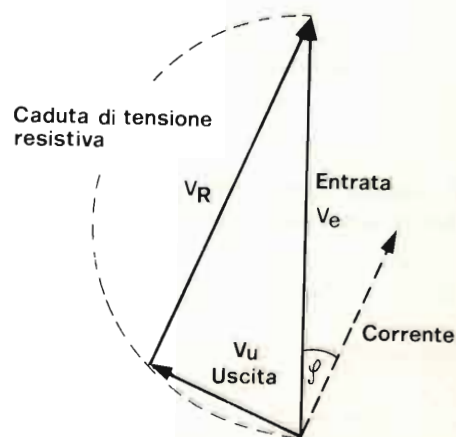
$$\operatorname{sen} \varphi = \frac{V_u}{V_e} = \frac{X_L}{Z} = \frac{X_L}{\sqrt{\omega^2 L^2+R^2}}$$

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{V_u}{V_R} = \frac{\omega L}{R}$$

La fase varia con la frequenza a causa della presenza di V_u che è reattiva.

La fase a frequenza costante varia anche con R oltre che con L.
Si può fare perciò un variatore di fase con la sola R variabile.

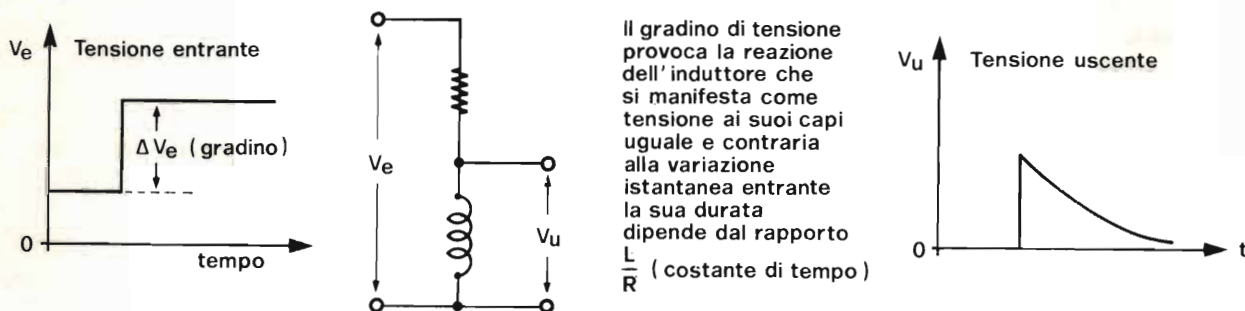
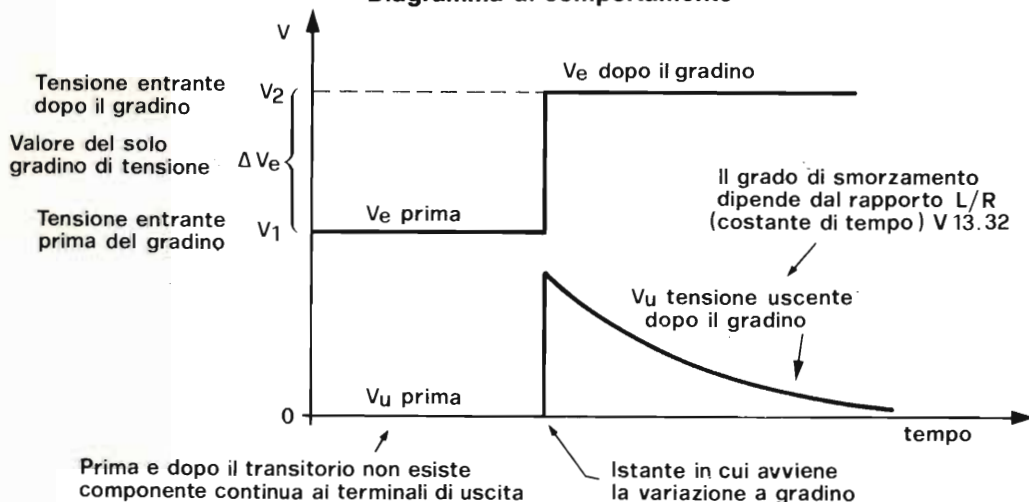
In questo modo la punta del vettore V_u percorre la semicirconferenza essendo questa il luogo geometrico che mantiene retto l'angolo fra V_u e V_c al variare di essi.

Relazioni vettoriali

La corrente che attraversa il circuito e' sfasata di 90° in ritardo rispetto alla V_u che e' induttiva

COMPORTAMENTO DELLE TENSIONI NEI FENOMENI TRANSITORI

Abbiamo che l'eventuale componente continua della tensione entrante rimane praticamente esclusa in uscita.

Il circuito è però sempre sensibile alle variazioni di questa componente continua.
Qui esamineremo la risposta al gradino, cioè la risposta in uscita alle variazioni di tipo istantaneo della tensione entrante.

Schema illustrativo di comportamento teorico

Espressione algebrica

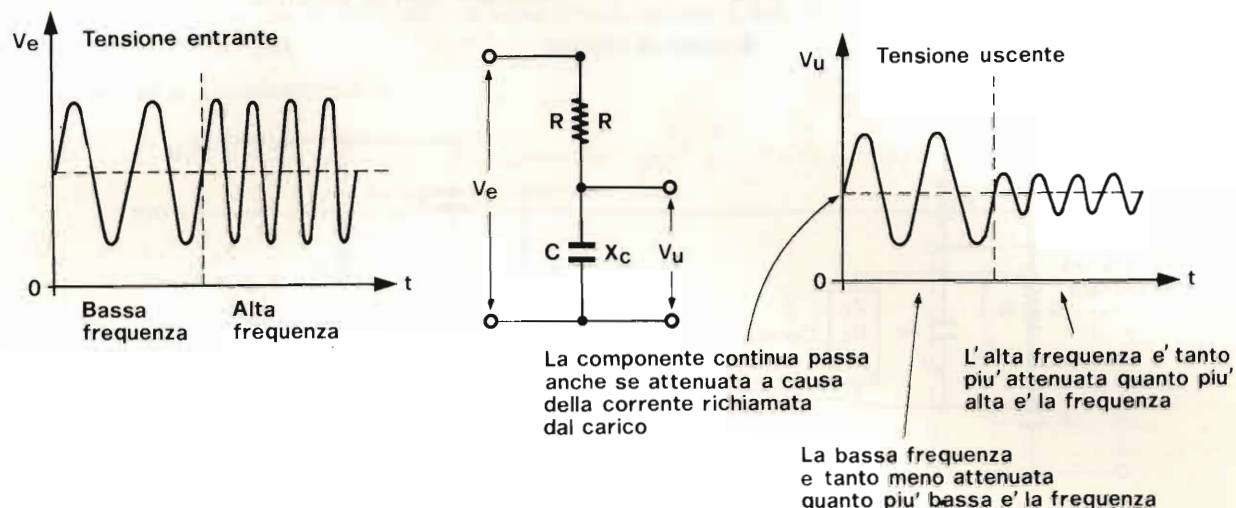
Diamo l'equazione della tensione uscente in funzione della tensione entrante e dei parametri del circuito.

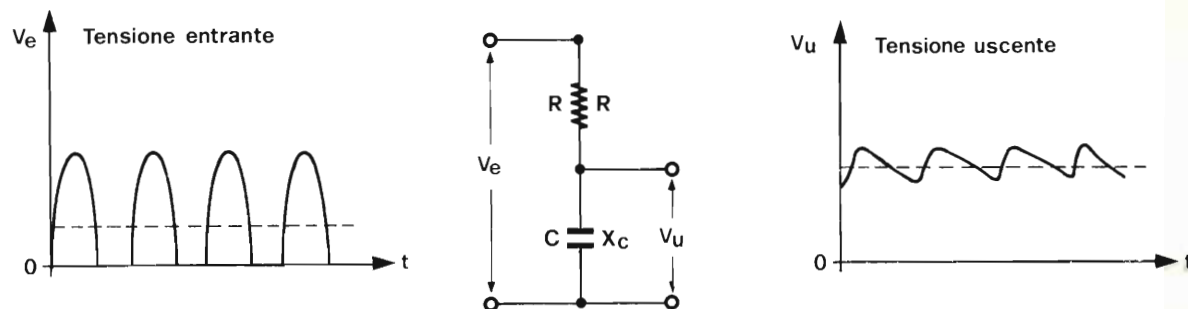
Questa espressione è ampiamente trattata nel paragrafo 13.3.

$$V_u = e^{-\frac{t}{L/R}} \Delta V_e$$

Come si nota, il valore della tensione-uscita non dipende dal valore della tensione entrante ma solo dalle sue variazioni istantanee ΔV_e.

GENERALITA' SUL CIRCUITO RC

Schema illustrativo per tensione entrante alternata di varia frequenza e polarizzata

Impiego

a) *Livellatore di ondulazioni eventualmente presenti nella corrente continua.*

b) *Operatore preferenziale per le basse frequenze.*
Attenzione: uscita polarizzata (vedi schema illustrativo)

c) *Circuito sfasatore*
La tensione uscente è sfasata rispetto alla tensione entrante (vedi pag. 3)

d) *Circuito ritardatore della tensione in uscita*
Una eventuale variazione della tensione entrante produce una variazione ritardata della tensione uscente.
L'entità del ritardo dipende dal prodotto RC (in ohm e in farad) = costante di tempo (in secondi).

COMPORTAMENTO VETTORIALE DEI PARAMETRI IN ALTERNATA

Si considera l'influenza dell'impedenza del generatore (Z_g) e del carico (Z_C) - vedi paragrafi 13.7, 13.8, 13.9.

IMPEDENZA DI ENTRATA **IMPEDENZA DI USCITA**

Schemi di calcolo

Modelli di calcolo grafico

Ossevazioni

La presenza del carico influenza notevolmente il valore di Z_e, ed in particolare, se esso ha una componente induttiva, il circuito può entrare in risonanza con un opportuno valore di C.

Se il carico invece presenta una reattanza capacitiva, il circuito non potrà mai entrare in risonanza con il carico stesso.

La presenza del generatore influenza notevolmente il valore di Z_u.

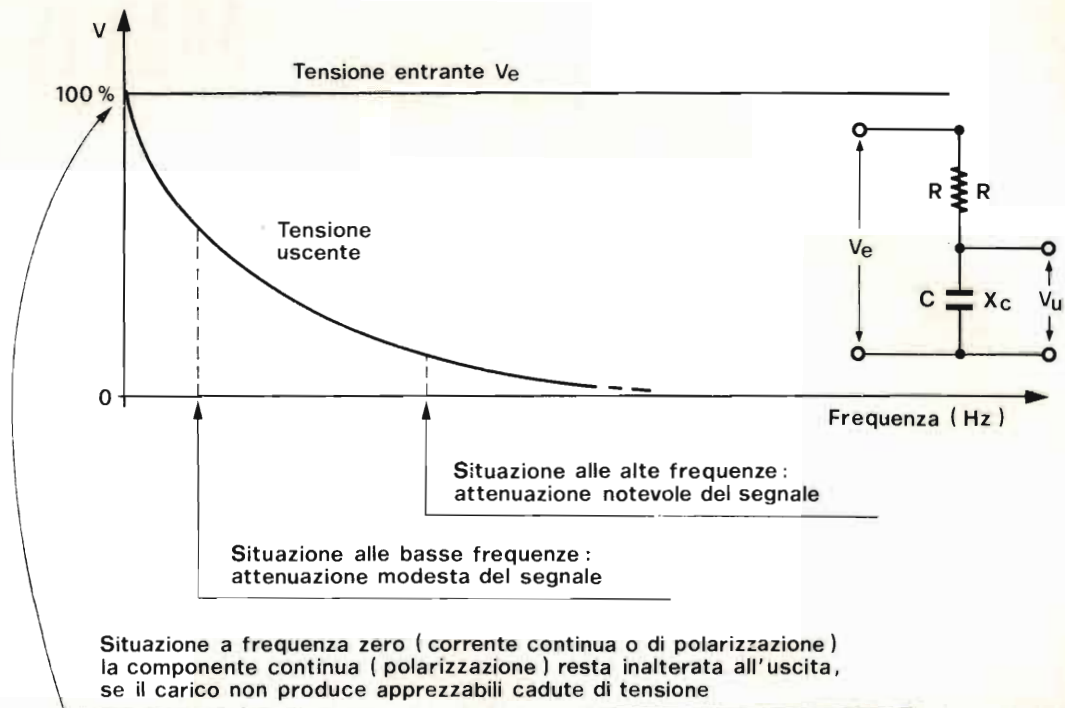
In particolare, se esso ha una componente induttiva, il circuito può entrare in risonanza con un opportuno valore di C.

Se il generatore invece presenta una reattanza capacitiva, il circuito non potrà mai entrare in risonanza con il generatore stesso.

COMPORTAMENTO DELLE TENSIONI IN ALTERNATA

La limitazione del caso consiste nel supporre trascurabilmente bassa l'impedenza del generatore e trascurabilmente alta l'impedenza del carico.

Comportamento della tensione di uscita al variare della frequenza della tensione di entrata (per dettagli vedi paragrafi da 13.5 a 13.9).

Diagramma di comportamento

Espressioni algebriche

$$V_u = \frac{X_C}{Z} V_e = \frac{X_C V_e}{\sqrt{X_C^2 + R^2}} = \frac{\frac{1}{\omega C} V_e}{\sqrt{(\frac{1}{\omega C}) + R^2}}$$

$$V_u = V_e \cos\alpha$$

Sfasamenti fra tensioni di entrata e di uscita

$$\cos\alpha = \frac{V_u}{V_e} = \frac{X_C}{Z} = \frac{X_C}{\sqrt{(\frac{1}{\omega C})^2 + R^2}}$$

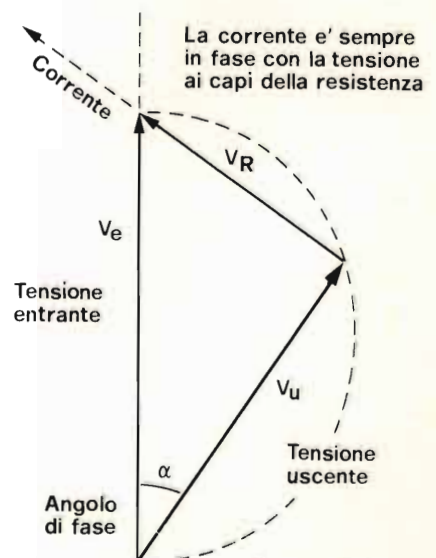
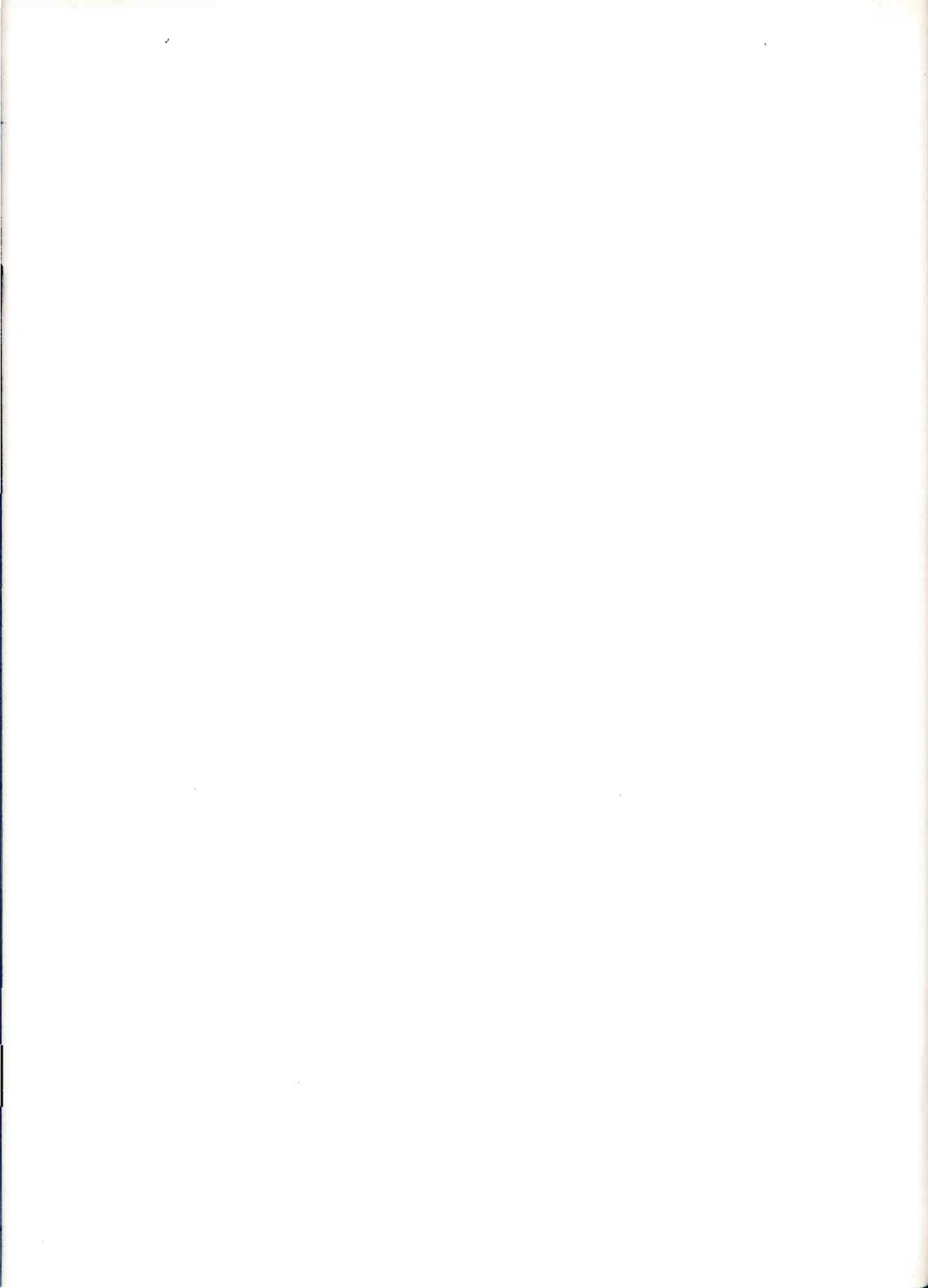
$$\text{tg}\,\alpha = \frac{V_R}{V_u} = \frac{R}{X_C} = \omega RC$$

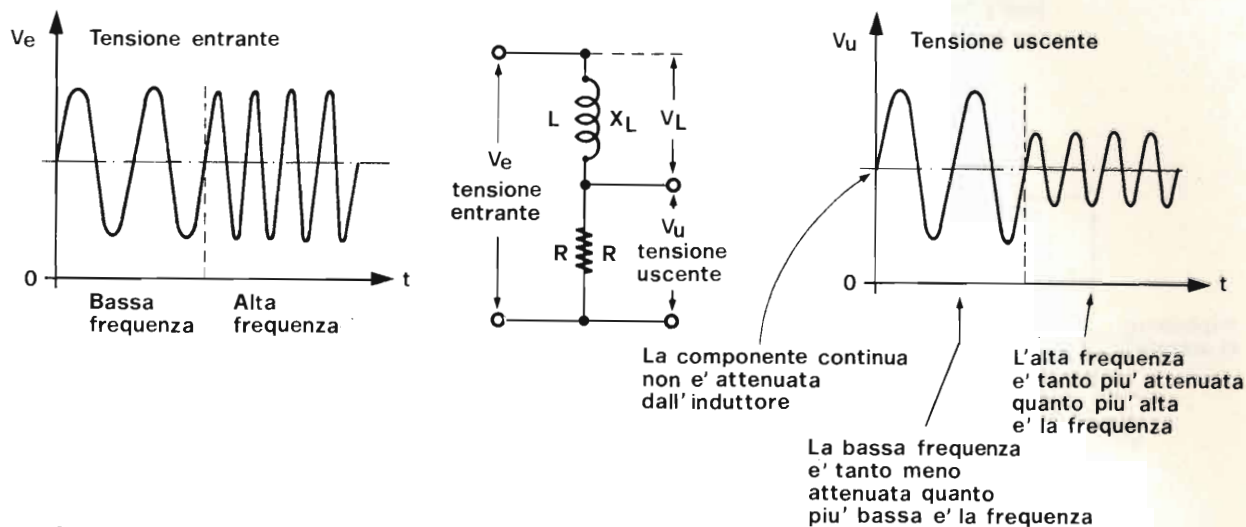
La fase varia con la frequenza a causa della presenza di C che genera una tensione V_u reattiva.

La fase, a frequenza costante, varia con C oltre che con R.

Si può fare un variatore di fase, mettendo R o C variabili.

Relazioni vettoriali

In questo modo la punta del vettore V_u percorre la semicirconferenza essendo questa il luogo geometrico che mantiene retto l'angolo V_u e V_C comunque essi varino.

GENERALITA' SUL CIRCUITO LR

Schema illustrativo per tensione entrante alternata di varia frequenza e polarizzata

Impiego

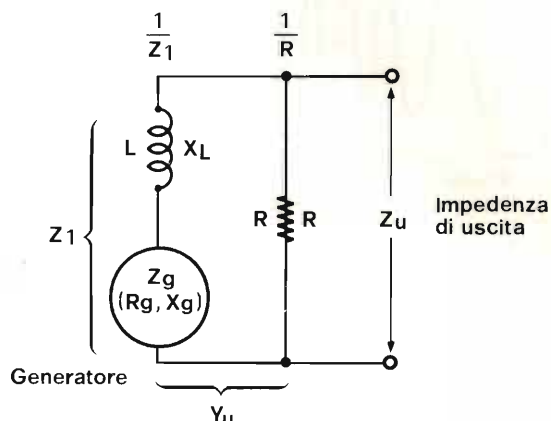
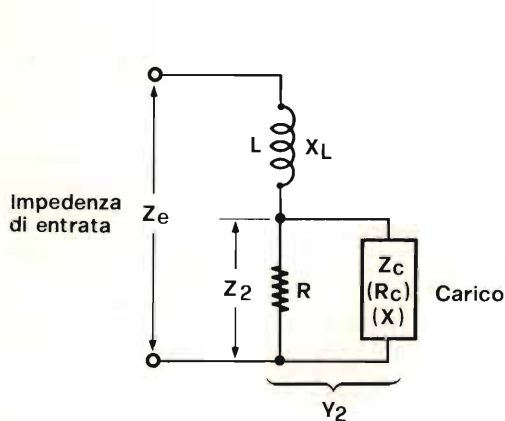
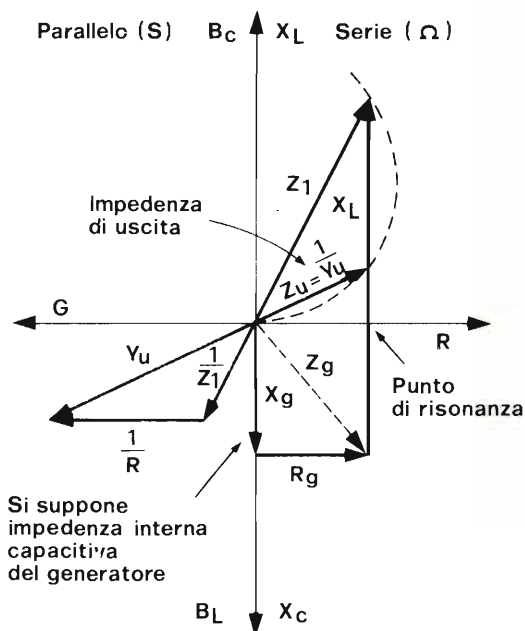
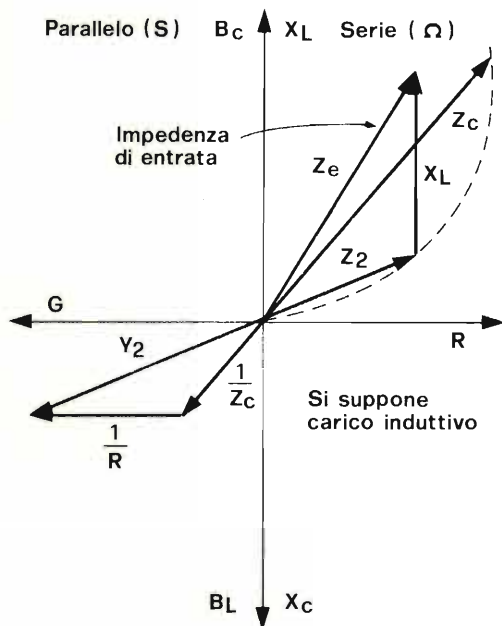
a) operatore preferenziale per le basse frequenze
b) filtro livellatore di correnti raddrizzate (per ottenere correnti continue)
c) circuito sfasatore di tensioni alternate
La tensione uscente V_u è sfasata rispetto alla tensione entrante (v. pag. 3)
Vantaggio: — La tensione uscente ha un estremo in comune con la tensione entrante
Svantaggi: — La tensione uscente e la fase variano con la frequenza
— L'induttore è piuttosto costoso
d) Circuito di ritardo: quando si vuole che una certa tensione continua si produca con ritardo rispetto a quella impressa all'entrata (risposta al gradino).
Il tempo di ritardo dipende dal rapporto L/R = costante di tempo (sec.) (v. 13.32).
e) Partitore di tensione a bassa dispersione di energia (in alternata).
Se lo sfasamento fra le tensioni non interessa, questo impiego è interessante per l'economicità di consumo, ma non per il costo di acquisto: un induttore costa molto di più di un resistore.

COMPORTAMENTO VETTORIALE DEI PARAMETRI IN ALTERNATA

Si considera l'influenza dell'impedenza del generatore (Z_g) e del carico (Z_c) (v. paragrafi) 13.7, 13.8 e 13.9.

IMPEDENZA DI ENTRATA

IMPEDENZA DI USCITA

Schemi di calcolo

Modelli di calcolo grafico

Osservazioni

La presenza del carico influenza notevolmente il valore di Z_e.
In particolare, se esso ha una componente capacitiva, il circuito può entrare in risonanza con un opportuno valore di L.

Nel caso qui preso ad esempio, ciò non può avvenire essendo induttiva l'impedenza del carico.

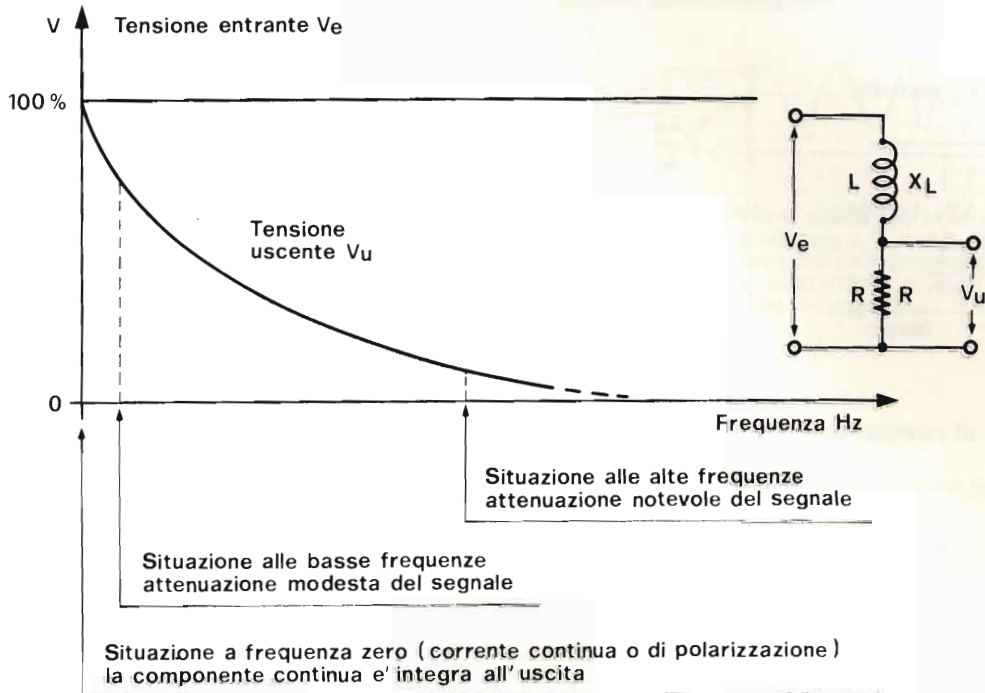
La presenza del generatore influenza notevolmente il valore di Z_u.
In particolare, se esso ha una componente capacitiva, il circuito può entrare in risonanza con un opportuno valore di L.

Nel caso qui preso ad esempio, ciò può avvenire essendo capacitiva la impedenza del generatore.

COMPORTAMENTO DELLE TENSIONI IN ALTERNATA

La limitazione del caso consiste nel supporre:
— trascurabilmente bassa l'impedenza del generatore
— trascurabilmente alta l'impedenza del carico.

Comportamento della tensione di uscita al variare della frequenza della tensione di entrata (per dettagli v. paragrafi da 13.5 A 13.9).

Diagramma di comportamento

Espressioni algebriche

$$V_u = \frac{R}{Z} V_e = \frac{R\,V_e}{\sqrt{X_L^2+R^2}} = \frac{R\,V_e}{\sqrt{(\omega L)^2+R^2}}$$

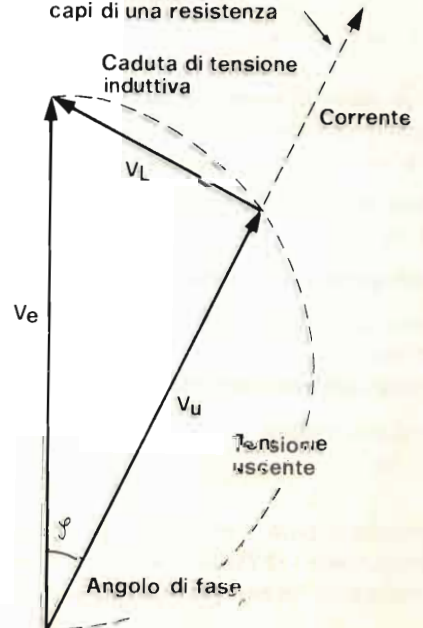
$V_u = V_e \cos\varphi$

Sfasamenti fra tensioni di entrata e di uscita

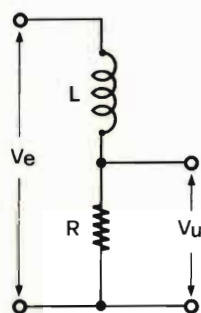
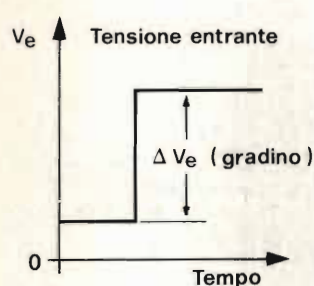
$$\cos\varphi = \frac{V_u}{V_e} = \frac{R}{Z} = \frac{R}{\sqrt{(\omega L)^2 + R^2}}$$

$$\operatorname{tg}\varphi = \frac{V_L}{V_u} = \frac{\omega L}{R}$$

La fase varia con la frequenza a causa della presenza di V_L che è reattiva.
La fase, a frequenza costante varia con R oltre che con L. Si può fare perciò un variatore di fase mettendo R oppure C variabile.
In questo modo, la punta del vettore V_u percorre la semicirconferenza di diametro V_e essendo questa il luogo geometrico che mantiene retto l'angolo fra V_u e V_L al variare di essi.

Relazioni vettoriali

COMPORTAMENTO DELLE TENSIONI NEI PENOMENI TRANSITORI

Abbiamo visto che la componente continua della tensione entrante rimane praticamente inalterata all'uscita del circuito in argomento.
Il circuito però risponde sempre lentamente alle eventuali variazioni di questa componente continua.
Qui esamineremo la cosiddetta risposta al gradino, cioè la risposta in uscita alla variazione istantanea della tensione entrante.

Schema illustrativo e di comportamento teorico

Il gradino di tensione provoca nell' induttore una reazione immediata che rallenta la sua carica La corrente di carica salendo lentamente crea una tensione proporzionale ai capi di R : la Vu La durata di questa salita' o meglio la rapidita' dipende dal rapporto L / R (costante di tempo)

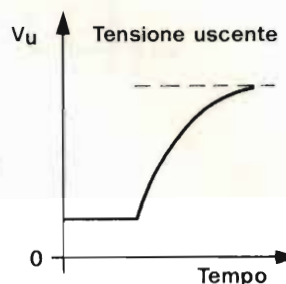
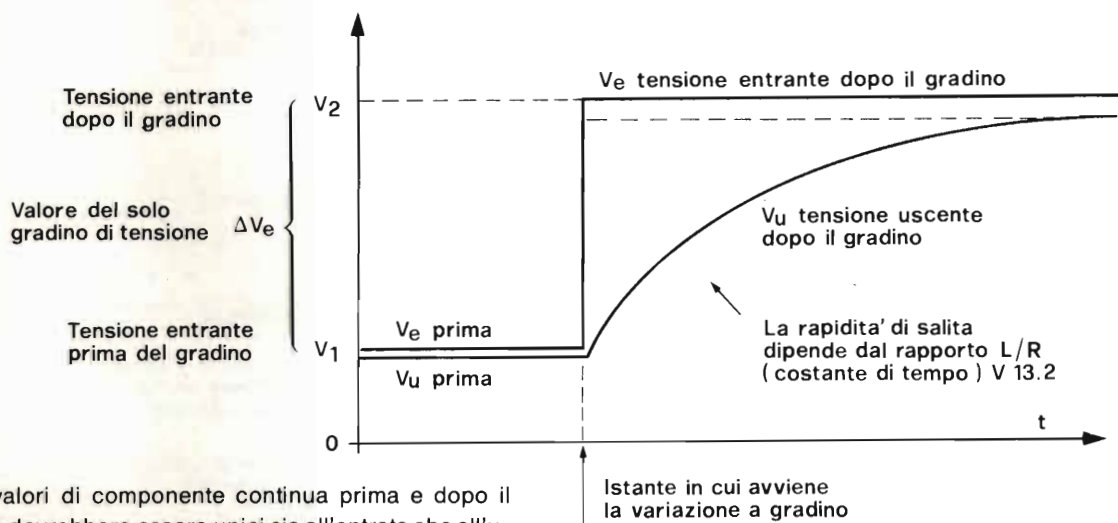



Diagramma di comportamento

I due valori di componente continua prima e dopo il gradino dovrebbero essere unici sia all'entrata che all'uscita se l'induttore fosse privo di componenti resistivi.

Osservare analogia, ma non identità, con il circuito RC (31.13-4).

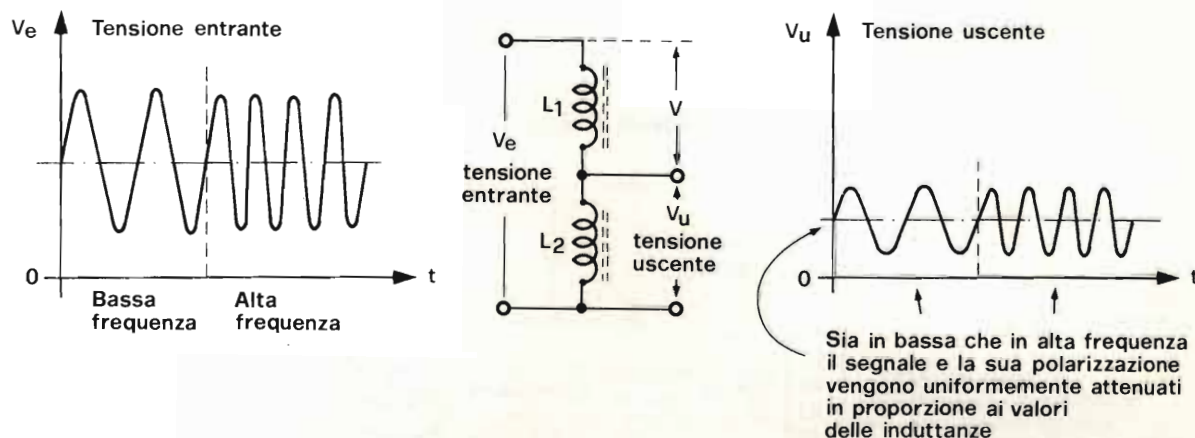
Espressione algebrica

Diamo qui l'equazione finale della tensione uscente in funzione della tensione entrante e dei parametri del circuito.
Questa espressione è ampiamente trattata nel paragrafo 13.2.

$$V_u = V_1 + (1 - e^{-\frac{R}{L}t})\,\Delta V_e$$

- V_u: Tensione uscente (in volt)
- V_1: Tensione iniziale di entrata (volt)
- e: numero fisso = 2,718
- L: induttanza (in henry)
- R: resistenza (in ohm)
- t: istante considerato della variabile di tempo (in sec.)
- ΔV_e: gradino di tensione entrante (volt)

GENERALITA' SUL CIRCUITO LL

Schema illustrativo - per tensione entrante alternata di varia frequenza polarizzata

Osservazione

Questi induttori sono fra loro indipendenti, cioè non sono magneticamente accoppiati.

Per induttori facenti parte di un unico circuito magnetico (trasformatori) vedere: Sezione 2: Elementi del circuito capitolo: trasformatori (in corso di preparazione).

Usi

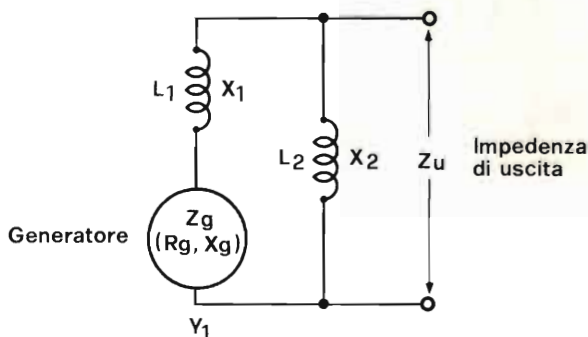
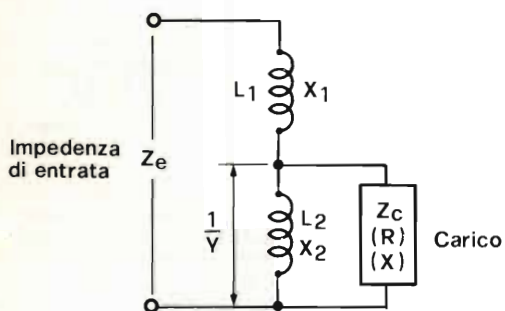
Il suo impiego come partitore di tensione è raro perchè costoso.
Può trovare una utilizzazione qualora interessi far interagine gli elementi reattivi con un carico con componente resistiva.

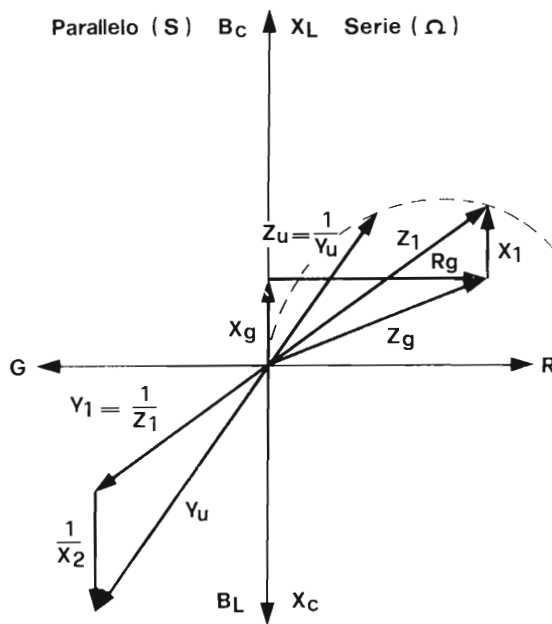
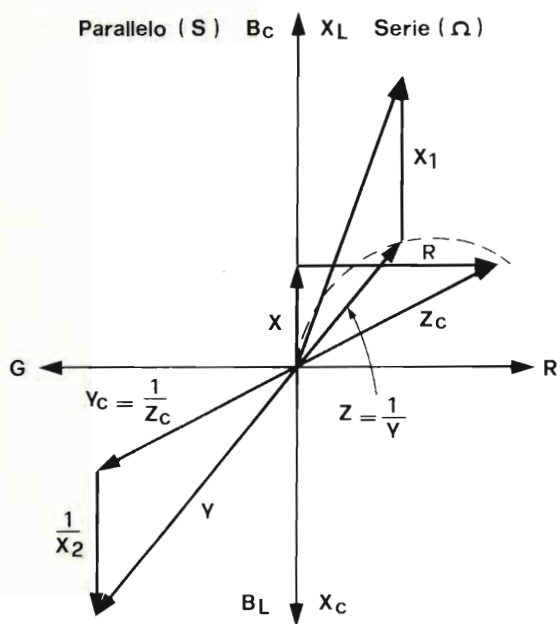
Infatti una eventuale tensione V_c entrante continua, verrebbe cortocircuitata - se attraversato da una corrente I_c continua sarebbe sufficiente un solo induttore per rivelare eventuali variazioni di questa corrente (v. 13.32).

★

COMPORTAMENTO VETTORIALE DEI PARAMETRI IN ALTERNATA

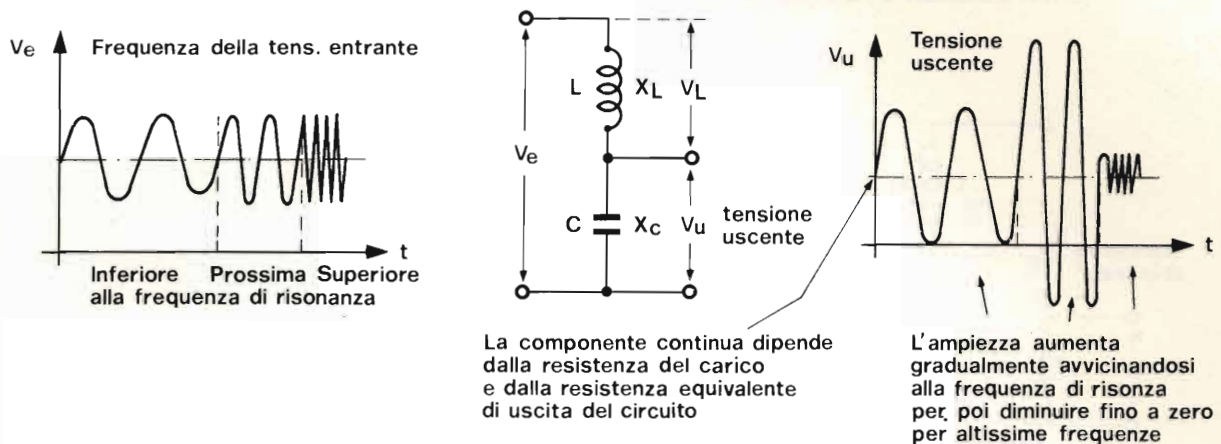
Si considera influenza dell'impedenza del generatore Z_g e del carico Z_c v. paragrafi da 13.7 a 13.9.

IMPEDENZA DI ENTRATA / IMPEDENZA DI USCITA

Schemi di calcolo

Modelli di calcolo grafico

Osservazioni

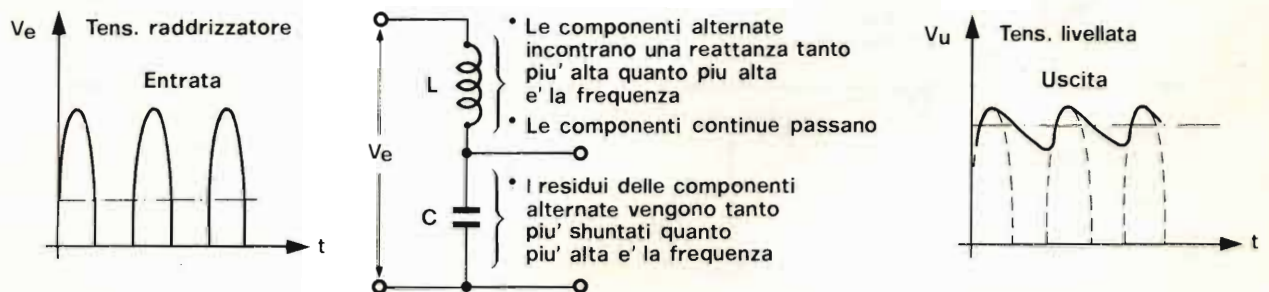
Se il carico presenta una componente induttiva, come in questo esempio, l'insieme non potrà mai andare in risonanza.

GENERALITA' SUL CIRCUITO LC

Schema illustrativo per tensione entrante alternata di varia frequenza e polarizzata.

Osservazione

Alla frequenza di risonanza, le ampiezze V_e e V_u dipendono dalla corrente che attraversa il circuito. Poichè esse sono in opposizione di fase fra loro mandano in corto circuito la tensione entrante V_e.

Impiego

a) Per sfruttare la sola componente continua della tensione entrante, cioè ad esempio quale livellatore di una tensione pulsante creatasi in seguito a raddrizzamento di corrente alternata.

Per ottenere questo è necessario che la frequenza di risonanza sia molto inferiore alla frequenza fondamentale della tensione entrante (vedi paragrafo 10.5).

b) Per sfruttare una sola componente alternata della tensione (filtro di banda)
È molto sconveniente causa le forti correnti che attraversano il circuito, essendo la frequenza prescelta molto prossima alla frequenza di risonanza.

Vantaggi
- Bassa dispersione di energia. È molto usato dove sono in gioco notevoli potenze, come ad esempio quelle di alimentazione.
  e perciò
- La caduta di tensione della componente continua non dipende praticamente dall'induttore L

Svantaggi
- Costo dell'induttore piuttosto elevato. Esso viene spesso sostituito da un resistore, anche se non si ottiene il medesimo effetto (vedi 31.15).

Osservazione: provate a fare i confronti con le caratteristiche del circuito CL (31.18).

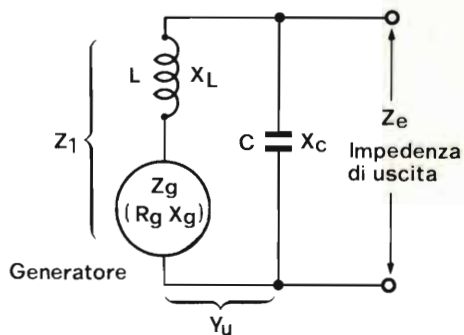
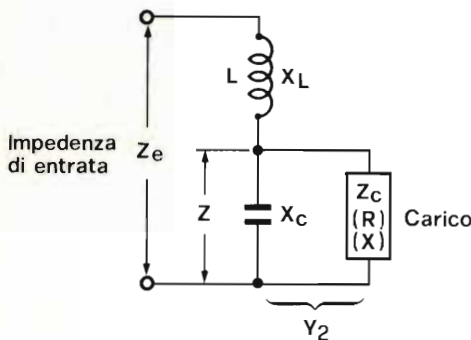
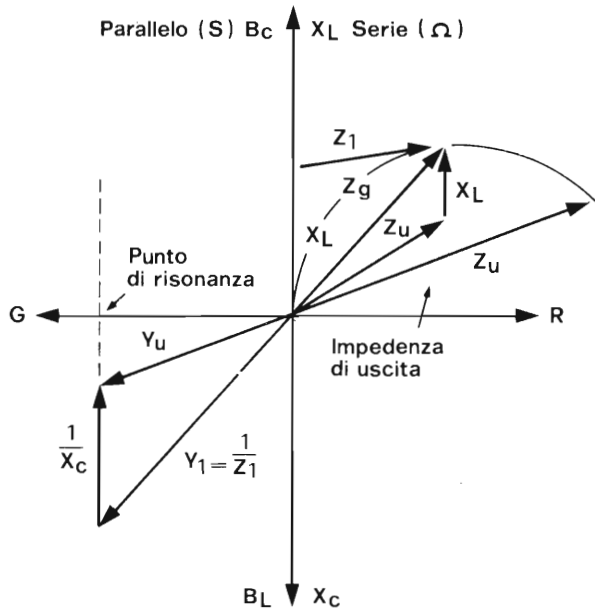
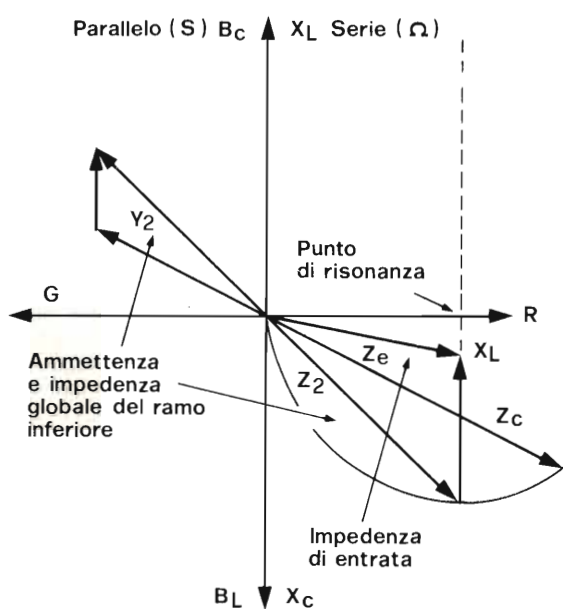
★

OPERAZIONI IN CORRENTE ALTERNATA

Si considera l'influenza dell'impedenza del generatore (Z_g) e del carico (Z_C) - (vedi paragrafi 13.7, 13.8 e 13.9).

IMPEDENZA DI ENTRATA

IMPEDENZA DI USCITA

Schemi di calcolo

Modelli di calcolo grafico

Osservazioni

La presenza del carico influenza notevolmente il valore di Z_e, ed in particolare le condizioni di risonanza.

La tensione di uscita (proporzionale a Z_2) può essere, come in questo caso, maggiore della tensione di entrata (proporzionale a Z_e) per modesti valori di X_L.

Al variare di L (e quindi di X_L) la punta del vettore Z_e percorre la tratteggiata.

La presenza del generatore influenza notevolmente il valore di Z_u ed in particolare le condizioni di risonanza.

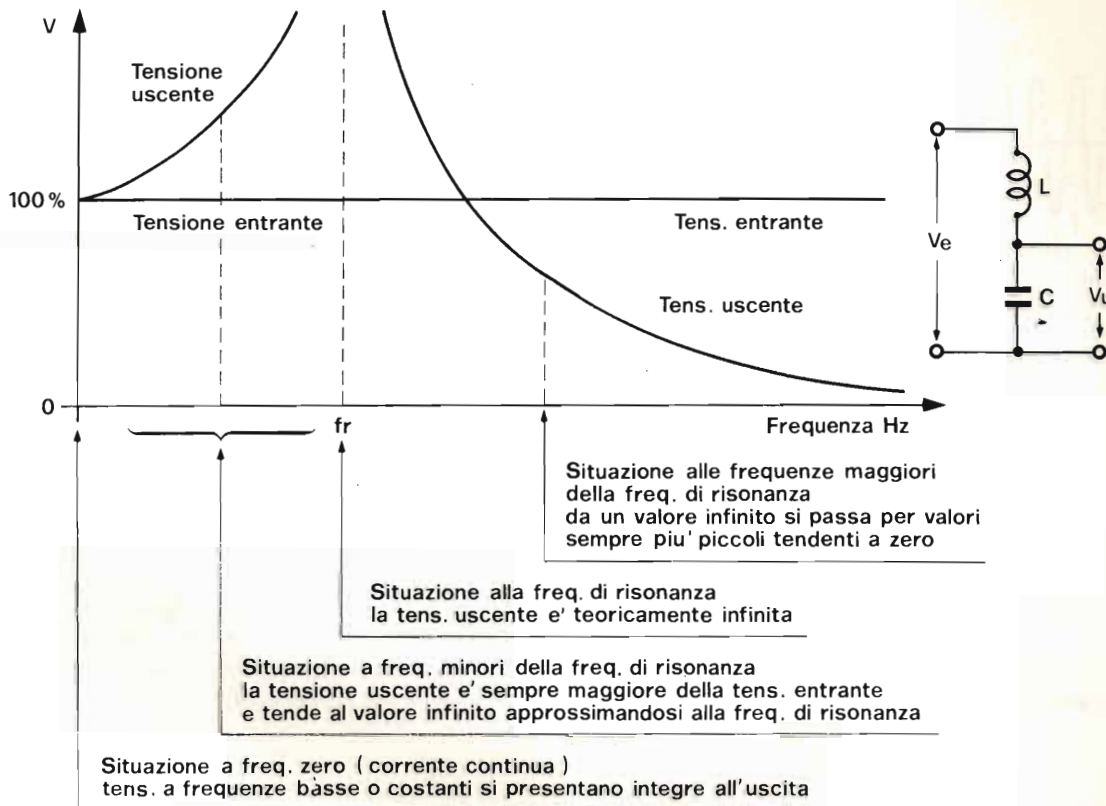
La corrente di entrata (proporzionale a Y_1) può essere, come in questo caso, maggiore della corrente di uscita (proporzionale a Y_u) per modesti valori di $1/X_C$ (e cioè per grandi valori di C).

Al variare di C (e quindi di $1/X_C$) la punta del vettore Y_u percorre la tratteggiata, mentre la punta del vettore Z_u percorre una semicirconferenza (vedi paragrafo 13.9).

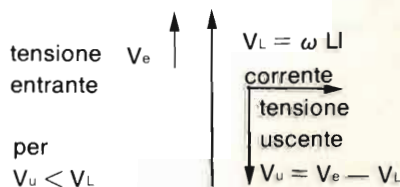
COMPORTAMENTO VETTORIALE IN ALTERNATA DELLE TENSIONI

La limitazione del caso consiste nel supporre trascurabilmente bassa l'impedenza del generatore e trascurabilmente alta l'impedenza del carico.

Comportamento della tensione di uscita al variare della frequenza della tensione di entrata (per dettagli vedi paragrafi da 13.5 a 13.9).

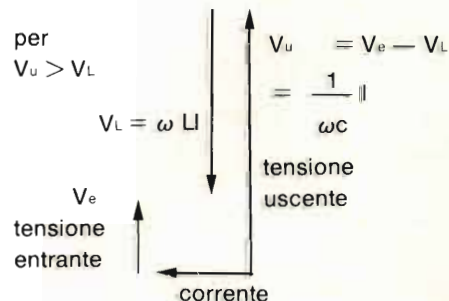
Diagramma di comportamento

Espressioni algebriche

$$V_u = \frac{X_c}{X_c - X_L} V_e = \frac{\frac{1}{\omega C}}{\frac{1}{\omega C} - \omega L} V_e$$

$$V_u = \frac{1/\omega C}{1 - \omega^2 LC} V_e$$

Sfasamenti fra tensioni e corrente

Entrata e Uscita: $\cos \varphi = 0$, $\operatorname{tg} \varphi = \infty$ } $\varphi = 90° = \frac{\pi}{2}$ rad.

A causa della presenza dell'elemento capacitivo, la corrente si trova sempre in quadratura in anticipo sulla tensione di uscita.

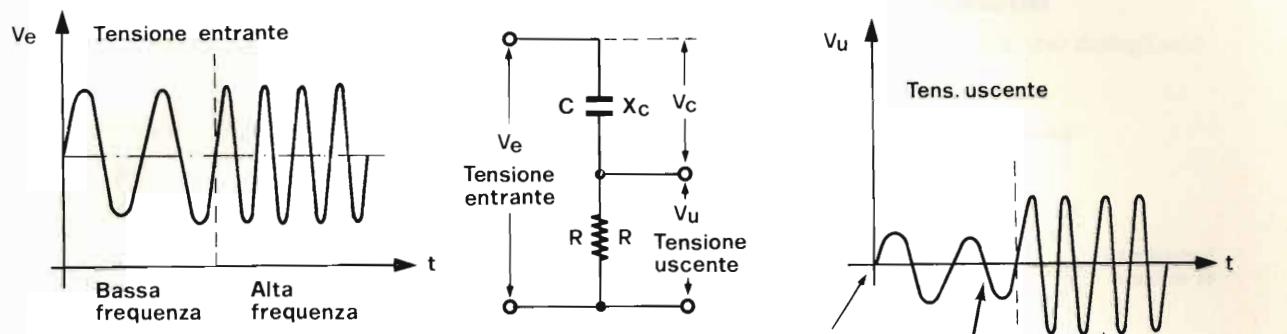
Rispetto alla tensione di entrata essa si trova in anticipo o in ritardo a seconda che prevalga rispettivamente la reattanza capacitiva o la reattanza induttiva.

Relazioni vettoriali

GENERALITA' SUL CIRCUITO CR

Schema illustrativo per tensione entrante alternata di varia frequenza e polarizzata.

La componente continua e' arrestata dal condensat.

Il segnale in alta freq. e' tanto meno attenuato quanto piu' alta e' la freq.

Il segnale in bassa freq. e' tanto piu' attenuato quanto piu' bassa e la freq. (l'attenuazione avviene perche' X_C e' alta e ne impedisce il passaggio : cfr R_L in 31.12)

Confrontare con circuito RL: le azioni sono qualitativamente identiche, ma per un processo opposto

Impiego

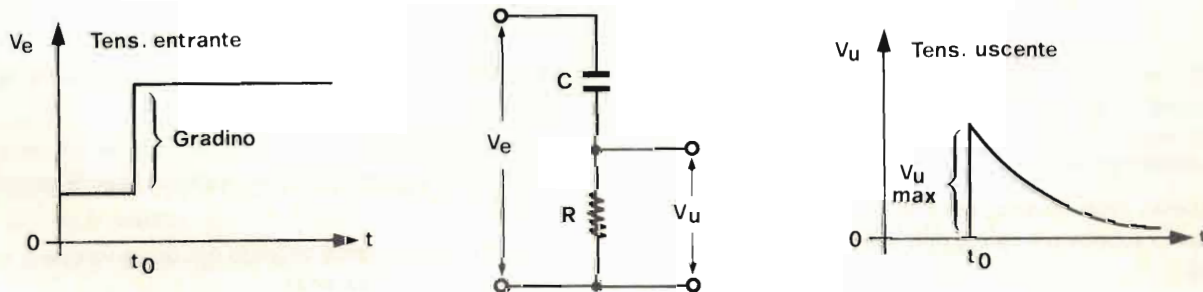
a) *Operatore preferenziale per alte frequenze*

b) *Depolarizzazione di segnali*

} accoppiamento fra stadi detto "a resistenza-capacità" a larga banda passante

c) *Circuito sfasatore di tensioni alternate*
La tensione di uscita V_u è sfasata rispetto alla tensione entrante (vedi pag. 3).
Vantaggio: la tensione di uscita ha un estremo in comune con la tensione entrante
Svantaggio: la tensione di uscita e la fase variano con la frequenza, a meno che ciò non sia proprio desiderato

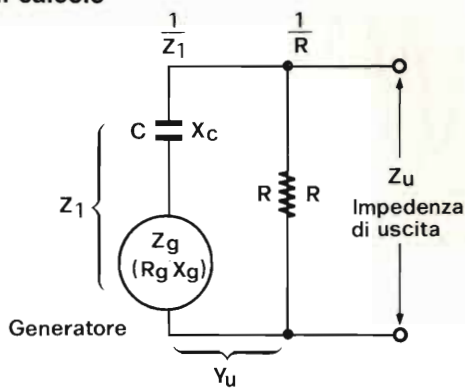
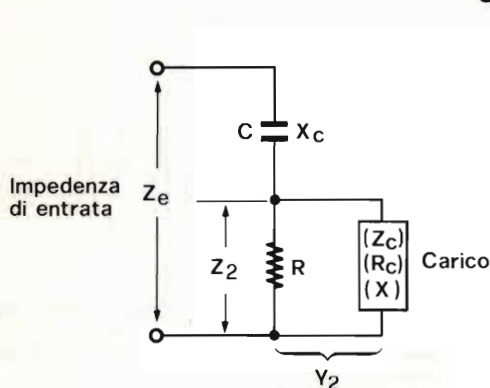
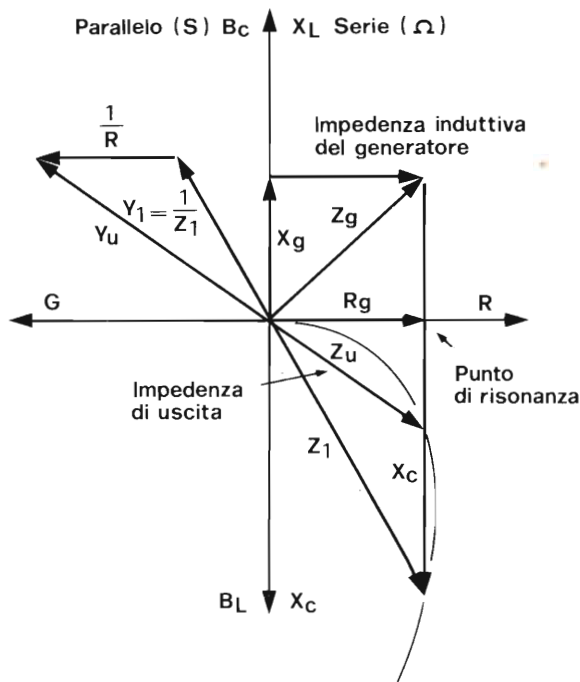
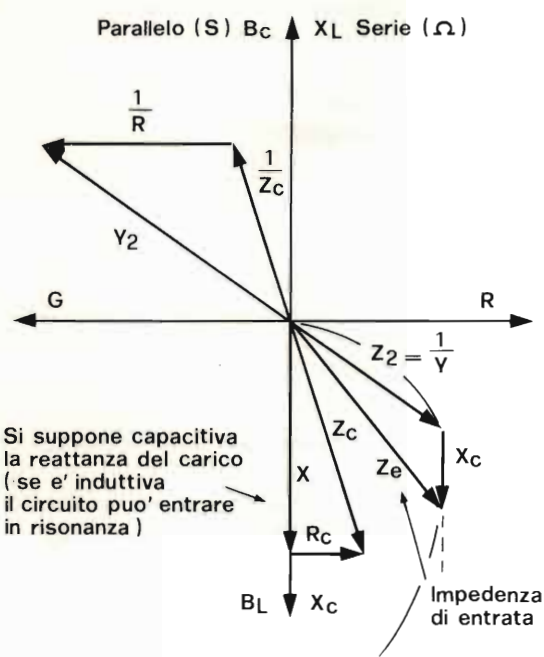
d) *Generatore di impulsi di tensione*
Gli impulsi si generano all'uscita quando all'entrata una tensione continua varia bruscamente (forma un gradino) - vedi pag. 4.
Il valore massimo dell'impulso è teoricamente pari al valore del gradino; poi si smorza più o meno rapidamente a seconda del valore del prodotto RC (in ohm e in farad) = costante di tempo (in secondi) - vedi 13.12.

Risposta al gradino

e) *Partitore di tensione a bassa dispersione di energia*
Se lo sfasamento fra le tensioni non interessa, esso è interessante per l'economicità di uso e di costo di acquisto, principalmente se R rappresenta il carico da alimentare.

COMPORTAMENTO VETTORIALE DEI PARAMETRI IN ALTERNATA

Si considera l'influenza dell'impedenza del generatore (Z_g) e del carico Z_c) - vedi paragrafi 13.7, 13.8, 13.9).

IMPEDENZA DI ENTRATA **IMPEDENZA DI USCITA**

Schemi di calcolo

Modelli di calcolo grafico

Osservazioni

La presenza del carico influenza notevolmente il valore di Z_e, ed in particolare, se esso ha una componente induttiva, il circuito può entrare in risonanza con un opportuno valore di C.

In questo caso, invece, ciò non può avvenire, poichè abbiamo supposto il carico con una componente capacitiva.

La presenza del generatore influenza notevolmente il valore di Z_u.

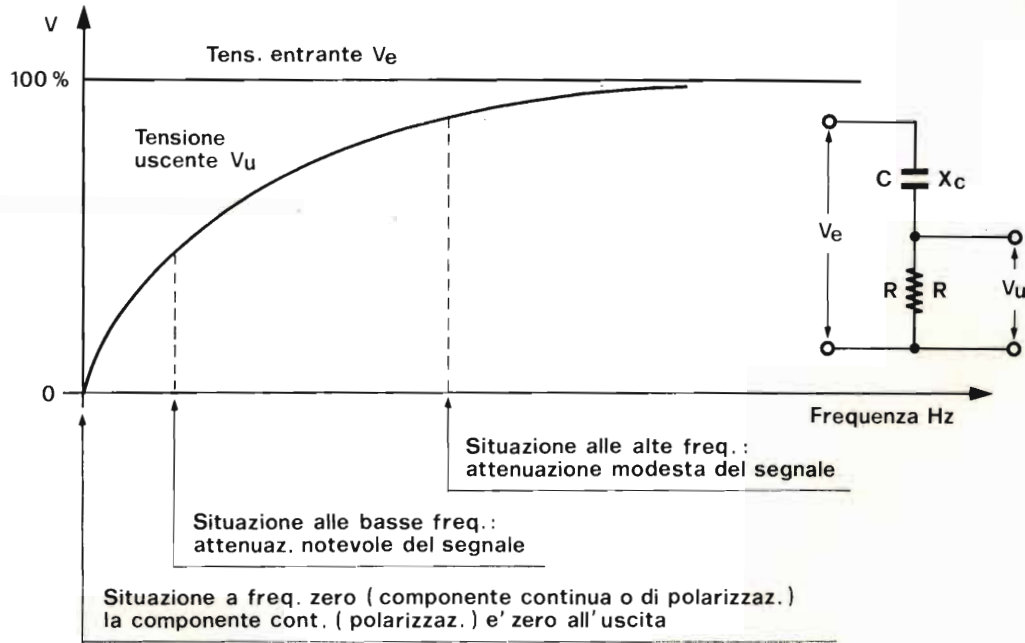
In particolare, se esso ha una componente induttiva, il circuito può entrare in risonanza con un opportuno valore di C.

In questo caso infatti è segnato per quale valore di X_g il circuito entra in risonanza.

COMPORTAMENTO DELLE TENSIONI IN ALTERNATA

La limitazione del caso consiste nel supporre trascurabilmente bassa l'impedenza del generatore e trascurabilmente alta l'impedenza del carico.

Comportamento della tensione di uscita al variare della frequenza della tensione di entrata (per dettagli vedi paragrafi da 13.5 a 13.9)

Diagramma di comportamento

Espressioni algebriche

$$V_u = \frac{\quad}{Z} V_e = \frac{R V_e}{\sqrt{X_c^2+R^2}} = \frac{R V_e}{\sqrt{(\frac{1}{\omega C})^2 + R^2}}$$

$$V_u = V_e \cos \varphi$$

Sfasamenti fra tensioni di entrata e di uscita

$$\cos \varphi = \frac{V_u}{V_e} = \frac{R}{Z} = \frac{R}{\sqrt{(\frac{1}{\omega C})^2 + R^2}}$$

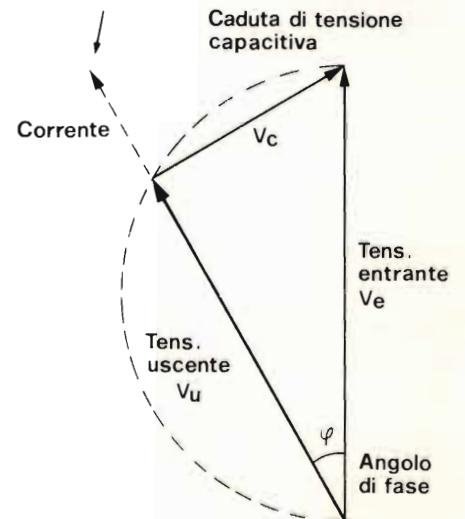
$$\text{tg}\, \varphi = \frac{V_c}{V_u} = \frac{\frac{1}{\omega C}}{R} = \frac{1}{\omega CR}$$

La fase varia con la frequenza a causa della presenza di V_c che è reattiva.

La fase a frequenza costante varia con R oltre che con C.

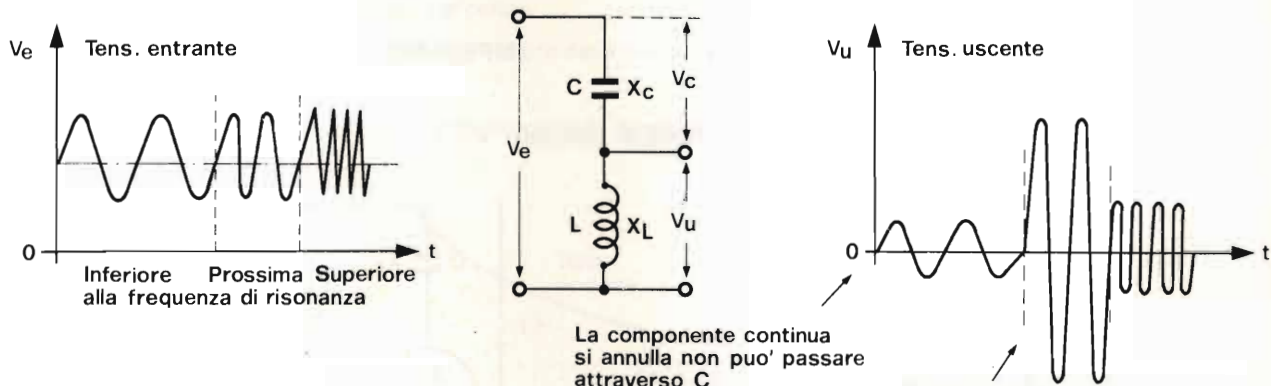
Si può fare perciò un variatore di fase mettendo R o C variabili.

In questo modo la punta del vettore V_u percorre la semicirconferenza essendo questa il luogo geometrico che mantiene retto l'angolo fra V_u e V_c al variare di essi.

Relazioni vettoriali

GENERALITA' SUL CIRCUITO CL

Schema illustrativo per tensione entrante alternata di varia frequenza e poterizzata.

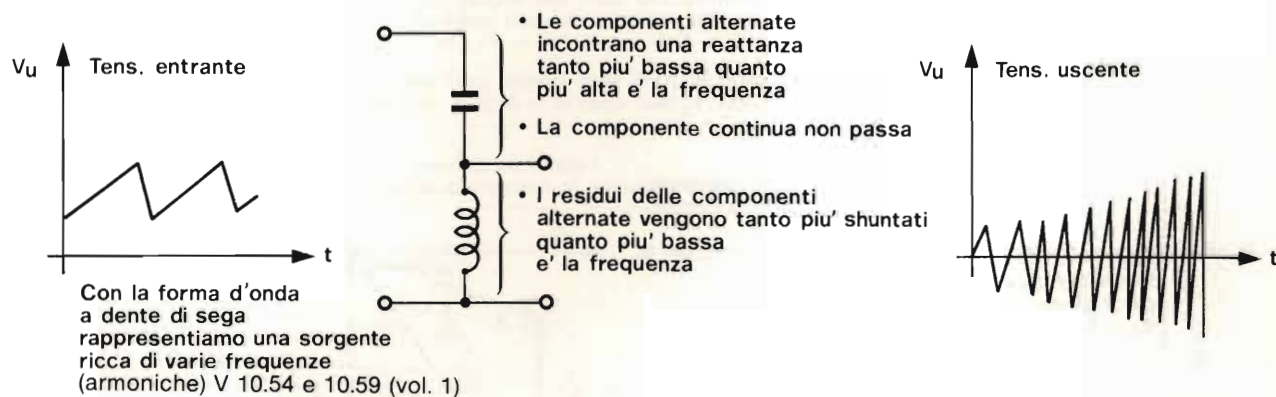
La componente continua si annulla non puo' passare attraverso C

L'ampiezza partendo da zero aumenta infinitamente avvicinandosi alla freq. di risonanza per poi tendere al valore della tens. di entrata V_e alle altissime freq.

Osservazione

Alla frequenza di risonanza le ampiezze V_L e V_u dipendono dalla corrente che attraversa il circuito. Poichè esse sono in opposizione di fase fra loro, mandano in corto circuito la tensione entrante V_e.

Impiego

Essenzialmente come filtro passa-alto secondo il procedimento qui sotto illustrato.

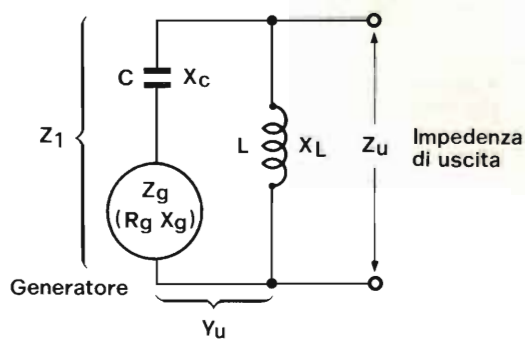
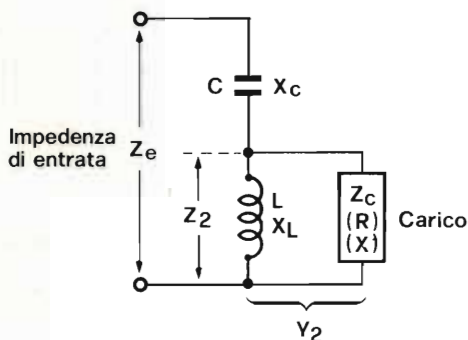
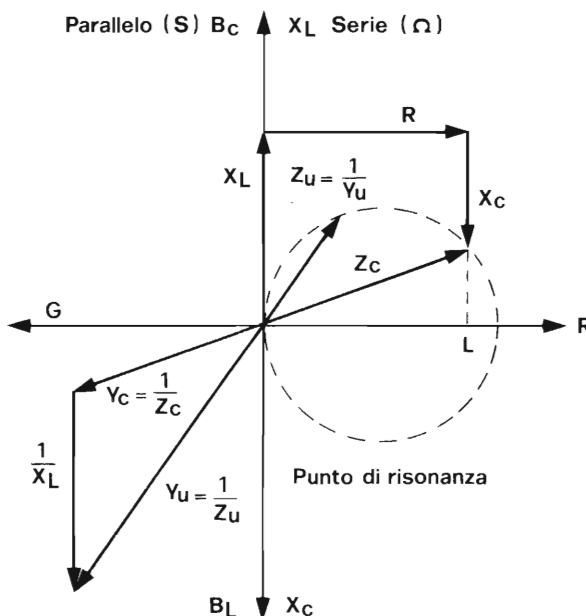
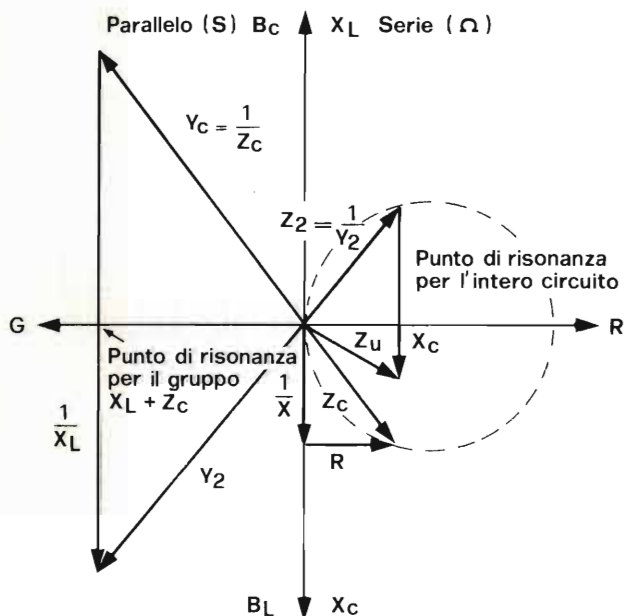
Con la forma d'onda a dente di sega rappresentiamo una sorgente ricca di varie frequenze (armoniche) V 10.54 e 10.59 (vol. 1)

Osservazione

Provate a fare i confronti con le caratteristiche del circuito LC (31.15).

COMPORTAMENTO VETTORIALE DEI PARAMETRI IN ALTERNATA

Si considera l'influenza del generatore (Z_g) e del carico (Z_c) (v. paragrafi da 13.7 a 13.9).

IMPEDENZA DI ENTRATA / IMPEDENZA DI USCITA

Schemi di calcolo

Modelli di calcolo grafico

Osservazioni

Il carico Z_c è supposto induttivo.

Se risuona il gruppo parallelo $X_L + Z_c$, la presenza di X_C manda fuori risonanza l'intero circuito salvo dare a X_c valore zero, (cioè capacità C infinita!).

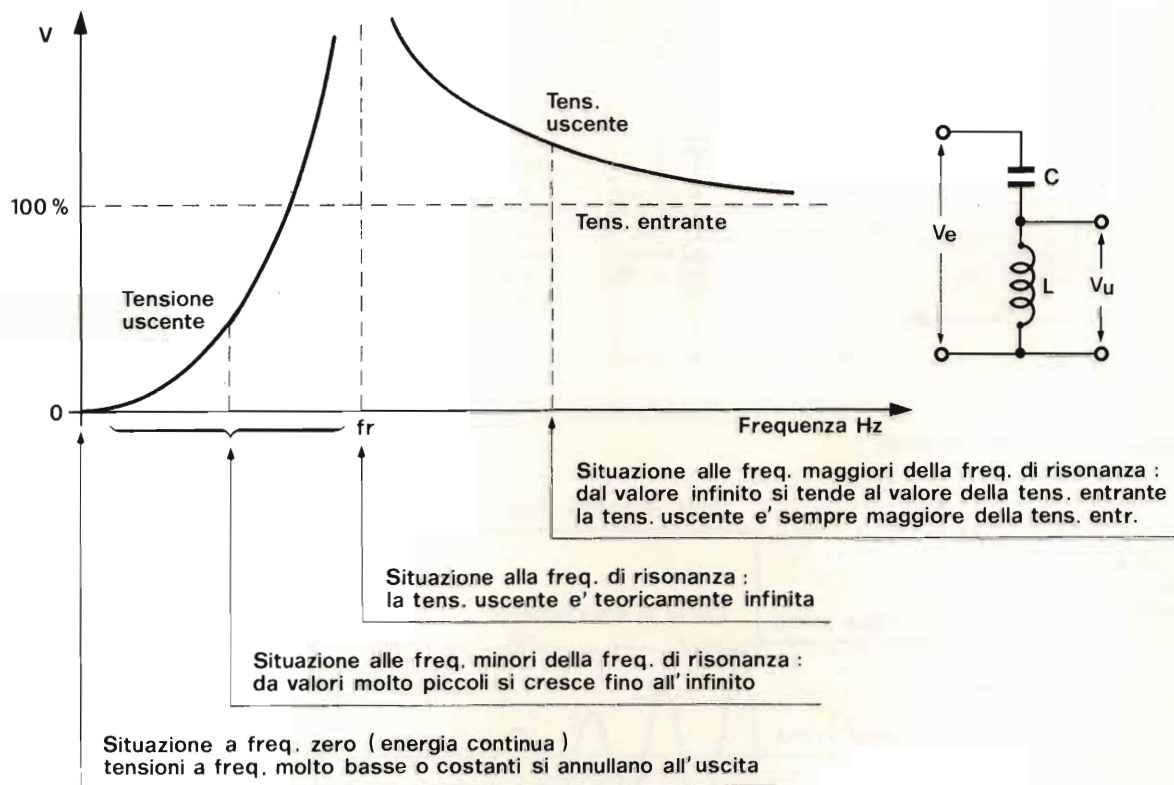
Si è supposta induttiva l'impedenza del generatore.

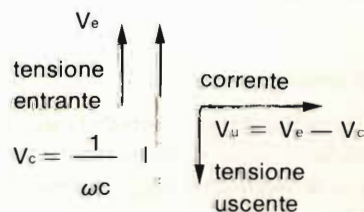
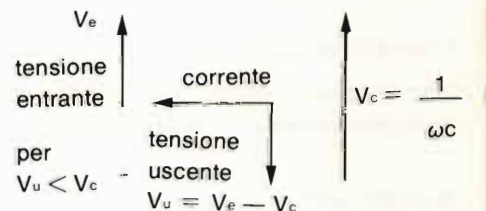
Solo un opportuno valore della capacità C per una data frequenza, può mandare in risonanza il circuito.

COMPORTAMENTO VETTORIALE DELLE TENSIONI IN ALTERNATA

La limitazione del caso consiste nel supporre:
- trascurabilmente bassa l'impedenza del generatore
- trascurabilmente alta l'impedenza del carico

Comportamento della tensione di uscita al variare della frequenza della tensione di entrata (per dettagli vedi paragrafi da 13.5 a 13.9).

Diagramma di comportamento

Espressioni algebriche

$$V_u = \frac{X_L}{X_L - X_c} \quad V_c = \frac{\omega L}{\omega L - \frac{1}{\omega C}} \quad V_e$$

$$V_u = \frac{\omega L}{1 - \omega^2 LC}$$

Relazioni vettoriali

Sfasamenti fra tensioni e corrente

Entrata e uscita $\cos \varphi = 0$ $\quad y = 90° = \frac{\pi}{2}$ rad

$tg\ \varphi = \infty$

A causa della presenza dell'elemento capacitivo, la corrente si trova sempre in quadratura in ritardo sulla tensione di uscita.

Rispetto alla tensione di entrata essa si trova in anticipo o in ritardo a seconda che prevalga rispettivamente la reattanza induttiva o la reattanza capacitiva.

COMPORTAMENTO NEI FENOMENI TRANSITORI

Abbiamo già visto che la componente continua della tensione entrante si annulla all'uscita.

Può succedere che il circuito venga sottoposto a brusche variazione di tensione della componente continua entrante.

Risposta al gradino significa appunto studio del comportamento della tensione di uscita quando la componente continua entrante subisce una brusca variazione.

Schema illustrativo e di comportamento teorico

Il gradino di tens. provoca la carica dell'induttore e del cond. i quali iniziano ad oscill. spontaneamente coinvolgendo nel circuito anche il generat. G che partecipa passivamente V 13.54

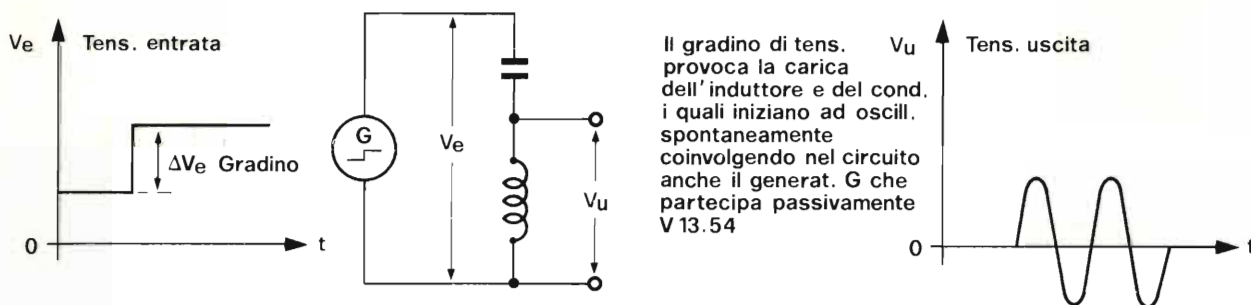
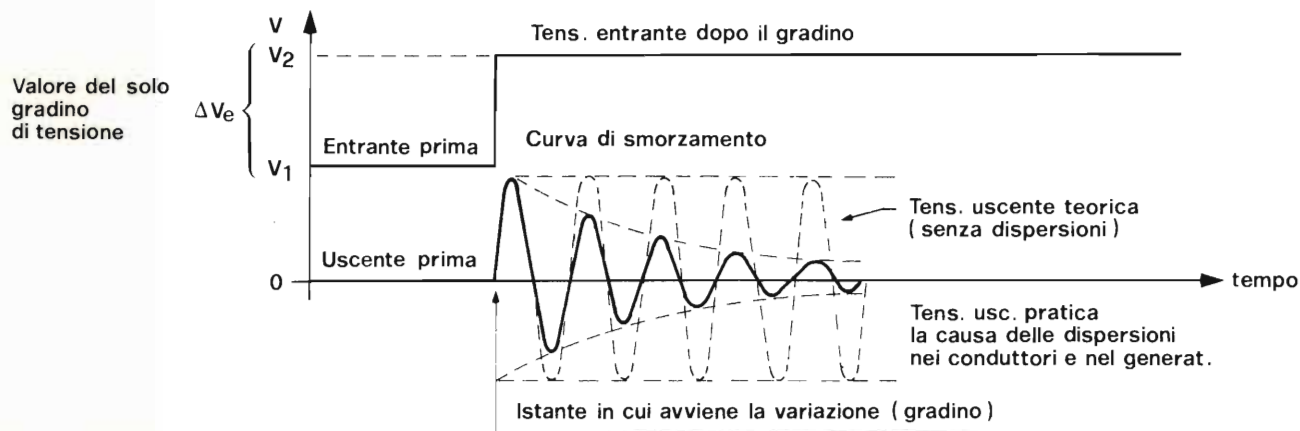



Diagramma di comportamento

Espressione algebrica

Diamo l'equazione finale della tensione uscente in funzione della tensione entrante e dei parametri del circuito.

Questa espressione parte dal concetto di energia immagazzinata nell'induttore e nel condensatore e poi lasciata al libero scambio fra di essi (14.22-1 e 14.23-3).

$$V_u = \Delta V_e \cos \omega t$$

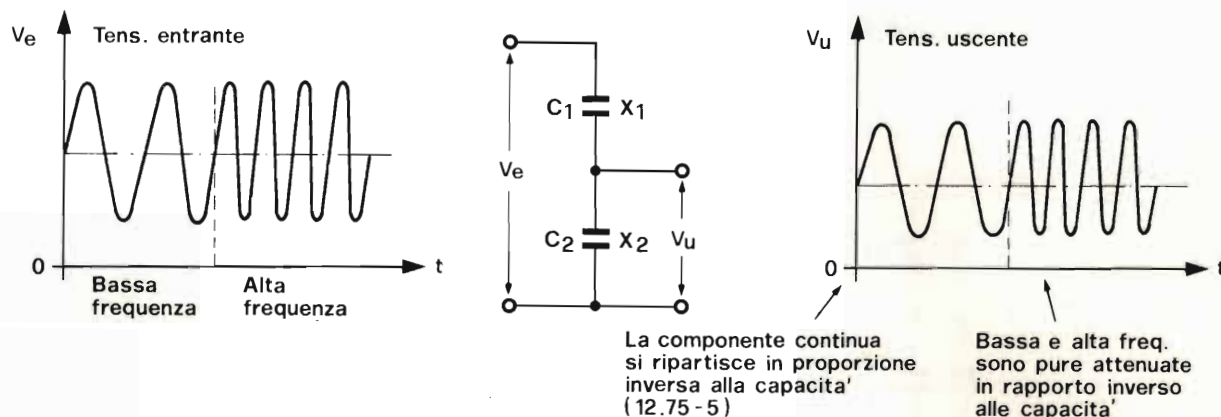
- tensione uscente (in volt) → V_u
- gradino di tensione entrante (in volt) → ΔV_e
- istante di tempo considerato (sec.) → t
- pulsazione (rad/sec) $\omega = 2\pi f$
- frequenza di risonanza caratteristica

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

Curva di smorzamento

La curva di smorzamento raccorda i valori massimi delle oscillazioni man mano si attenuano.
Essa segue le medesime leggi espresse nei paragrafi 13.1 e 13.2.

GENERALITA' SUL CIRCUITO CC

Schema illustrativo per tensione entrante alternata di varia frequenza e polarizzata.

Impiego

È largamente usato in elettronica come partitore di tensione soprattutto quando è necessario compensare i parametri reattivi del generatore o del carico.

Coefficiente di attenuazione

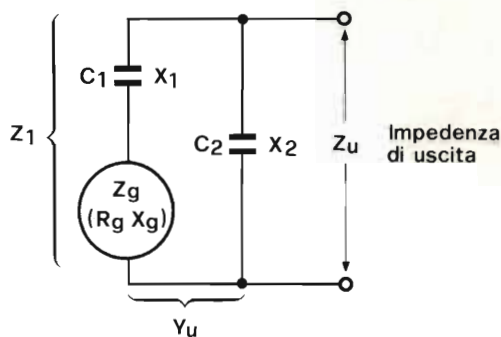
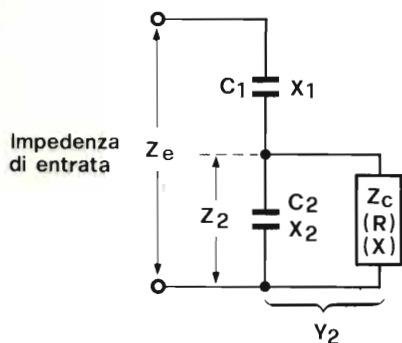
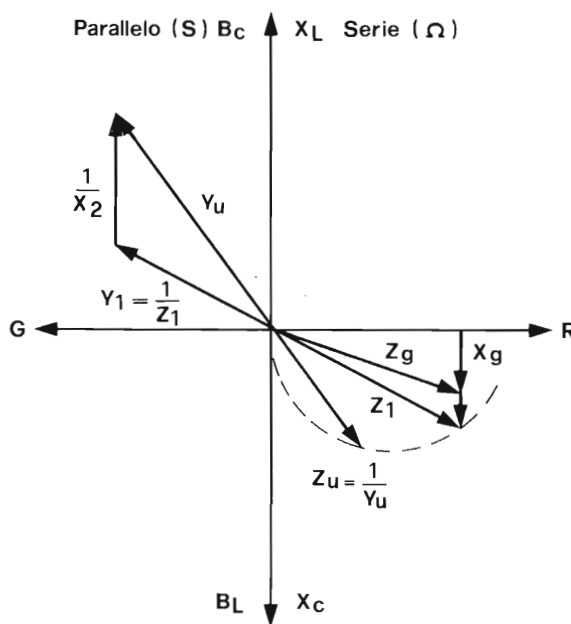
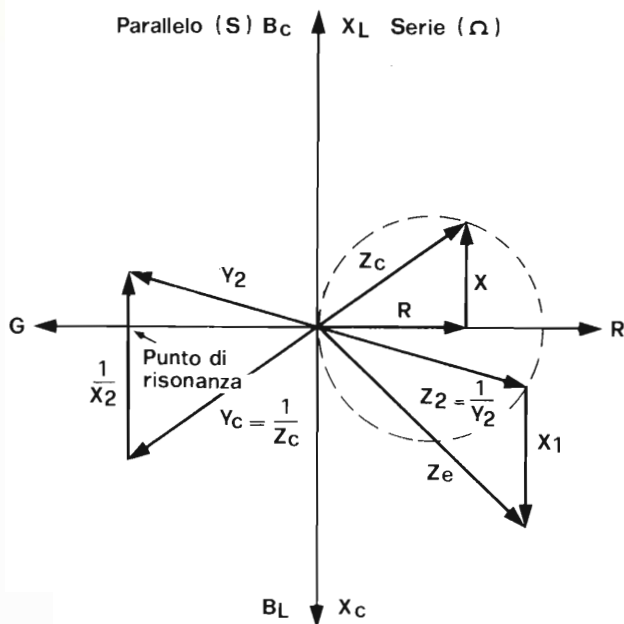
tensione uscente $V_u = \underbrace{\frac{C_1}{C_1 + C_2}} V_e$ tensione entrante

↑ coefficiente di attenuazione

COMPORTAMENTO VETTORIALE IN ALTERNATA DEI PARAMETRI

Si considera l'influenza dell'impedenza del generatore (Z_g) e del carico (Z_c) v. paragrafi da 13.7 a 13.9.

IMPEDENZA DI ENTRATA **IMPEDENZA DI USCITA**

Schemi di calcolo

Modelli di calcolo grafico

Osservazioni

Si è supposta induttiva l'impedenza del carico.

In questo caso il circuito può andare in risonanza per un opportuno valore di C_1.

Se l'impedenza del carico è capacitiva il circuito non può andare in risonanza.

Si è supposta capacitiva l'impedenza del generatore.

In questo caso il circuito non può andare in risonanza.

Se l'impedenza del generatore è capacitiva il circuito può andare in risonanza.

Paragrafo 31.2

CIRCUITI COSTITUITI DA DUE ELEMENTI LINEARI IN PARALLELO

Indice

arg. 31.20 — **Indice e impostazione generale del circuito modello**
pag. 0 — Indice
" 1 — Scelta degli elementi

arg. 31.21 — **Circuito R+R**
pag. 1 — Operatore corrente-tensione
" 2 — Partitore di corrente

arg. 31.22 — **Circuito R + L**
pag. 1 — Operatore corrente-tensione
" 2 — Partitore di corrente

arg. 31.23 — **Circuito R + C**
pag. 1 — Operatore corrente-tensione
" 2 — Partitore di corrente

arg. 31.24 — **Circuito L + R (non trattato)**
pag. 1 — non trattato

arg. 31.25 — **Circuito L + L**
pag. 1 — Operatore corrente-tensione
" 2 — Partitore di corrente

arg. 31.26 — **Circuito L + C**
pag. 1 — Operatore corrente-tensione
" 2 — Partitore di corrente

arg. 31.27 — **Circuito C + R (non trattato)**

arg. 31.28 — **Circuito C + L (non trattato)**

arg. 31.29 — **Circuito C + C**
pag. 1 8 Operatore corrente-tensione
" 2 — Partitore di corrente

SCELTA DEGLI ELEMENTI

In tutto questo paragrafo 31.2 dovremmo esaminare il comportamento degli operatori essenzialmente costituiti in generale come indicato in figura.

Dovremmo studiare il comportamento dei vari circuiti parallelo come risulta dalla combinazione di questi tre elementi presi a due per volta.

La trattazione rischierebbe di diventare monotona oltre che di scarsa utilità poichè questi tipi di circuito sono meno frequenti di quelli trattati nel paragrafo precedente.

Ci limiteremo ad un accenno superficiale delle combinazioni più interessanti, senza necessariamente seguire la traccia imposta.

Abbiamo preferito invece mantenere la sequenza analoga a quella del paragrafo precedente anche se molti argomenti saranno mancanti per le ragioni anzidette.

Tutto ciò al fine di dare allo studioso la panoramica del problema e per insistere nel concetto di piena analogia fra tensioni e correnti, circuiti serie e circuiti parallelo.

Algoritmi e simbologia

Avrete notato, paragonando gli indici dei paragrafi 31.1 e 31.2 che i simboli dei parametri R, L, C si trovano accostati quando essi sono considerati in serie fra di loro (RL, RC, LC, ecc.) mentre sono separati dal segno più (+) quando essi sono considerati in parallelo fra di loro (R+L, R+C, L+C, ecc.).

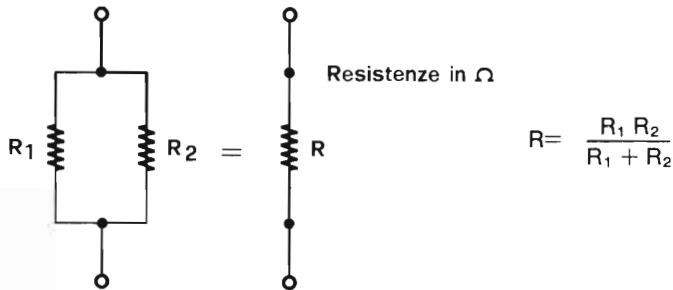
È un algoritmo, che deriva dalla tecnica dei circuiti digitali ed è bene che cominciamo ad abituarci un po'.

OPERATORE CORRENTE-TENSIONE

Indicazioni generali

L'operatore corrente-tensione costituito da due resistori in parallelo, si comporta come un unico resistore di valore equivalente, di cui riassumiamo il comportamento.

Serve generalmente a produrre una tensione ai capi del resistore equivalente a spese della corrente che lo attraversa, secondo la legge di Ohm.

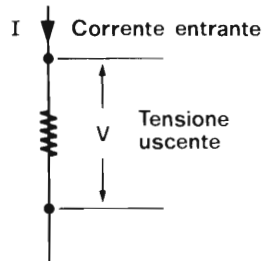
Valore globale dei parametri

Resistenze in Ω

$$R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

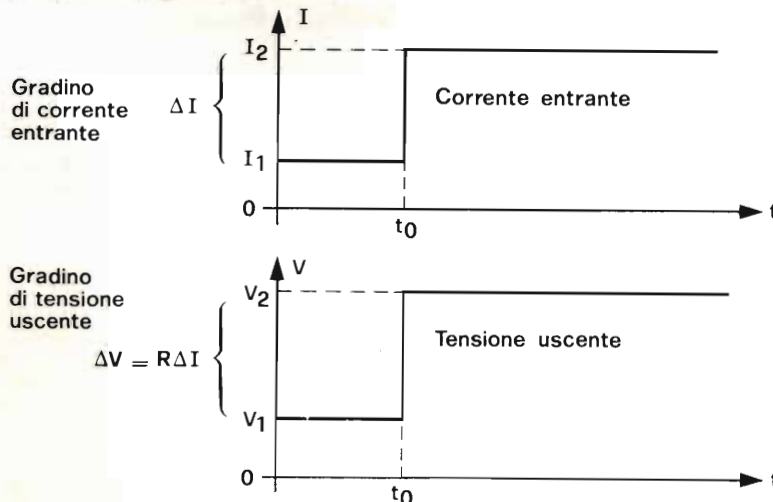
Valore della tensione alternata prodotta

Data una corrente alternata I di frequenza f, che attraversa il resistore equivalente R,

si ottiene ai capi del resistore una tensione $V = RI$

in fase con la I

Valore della tensione continua prodotta

La componente continua segue le stesse regole della componente alternata.

Risposta al gradino di corrente continua

Relazioni generali

Le tensioni prodotte stanno fra loro come le corrispondenti correnti che le producono

$$\frac{I_2}{I_1} = \frac{V_2}{V_1}$$

Inoltre, per la legge di Ohm

$$\Delta V = R \cdot \Delta I$$

Il gradino di tensione uscente è contemporaneo con il gradino della corrente entrante

PARTITORE DI CORRENTE R + R

Applicazioni

Questo operatore serve ad alimentare un carico di cui si conoscono l'impedenza e la corrente necessaria, sfruttando una parte della corrente che circola in un circuito, sia essa continua e alternata.

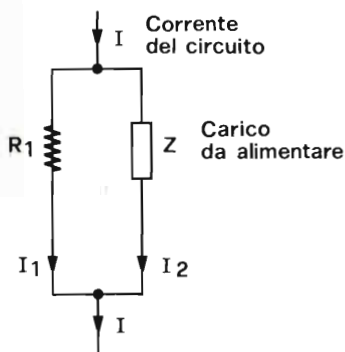
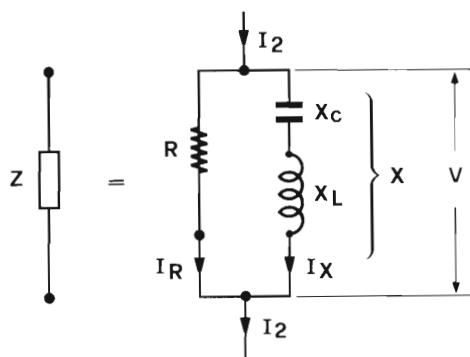
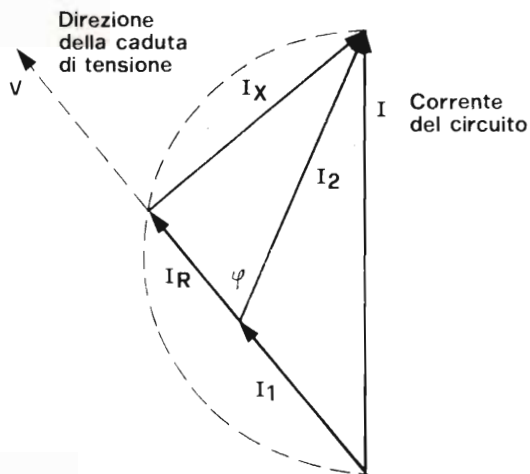
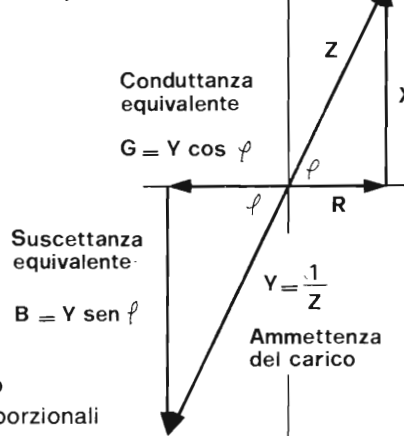
Schema del circuito

Valori equivalenti del carico

Diagramma vettoriale delle correnti

Questo circuito rende inevitabile che la caduta di tensione sia sfasata rispetto alla corrente, se il carico è reattivo.

Nel circuito parallelo le correnti sono proporzionali alle ammettenze ed alle loro componenti

È evidente che la realizzazione è possibile solo se la corrente del circuito I è maggiore di quella I_2 del carico che si vuole alimentare.

$$I_2 = \frac{V}{Z}$$

$$I_R = \frac{V}{Z} \cos \varphi = \frac{V \cdot R}{Z^2}$$

$$I_X = \frac{V}{Z} \text{ sen } \varphi = \frac{V \cdot X}{Z^2}$$

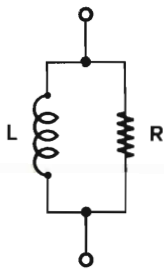
TRASDUTTORE CORRENTE TENSIONE R+L

Indicazioni generali

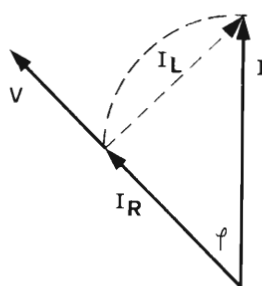
In corrente alternata questo operatore serve a produrre una tensione ai suoi capi sfasata in anticipo rispetto alla corrente che lo attraversa.

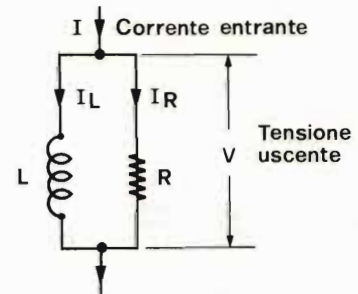
In corrente continua esso serve a produrre un guizzo di tensione ad ogni variazione istantanea della corrente.

In presenza di entrambe le correnti serve a produrre una tensione soltanto alternata.

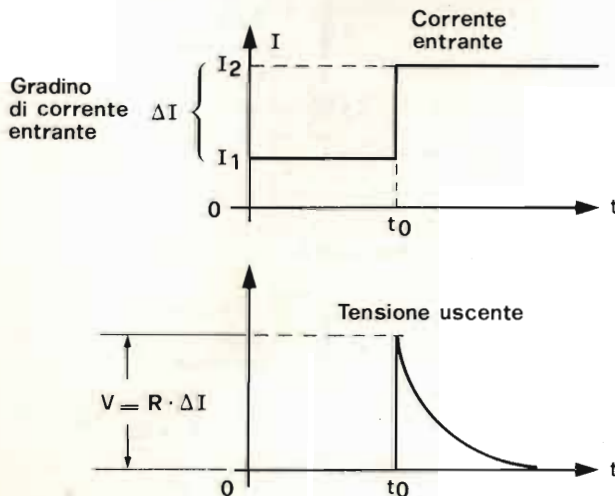
Valore globale dei parametri

in corrente alternata
impedenza in ohm $Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}$ $X_L = \omega^*$ $\omega = 2\pi f$

in corrente continua
costante di tempo in secondi $\tau = \frac{L}{R}$

Valore della tensione alternata prodotta

Data una corrente alternata I di frequenza f che attraversa l'operatore RL parallelo si ottiene ai capi del circuito una tensione V = ZI:
sfasata in anticipo di un angolo φ tale che le componenti I_L e I_R risultino sfasate di 90° cioè

$\text{sen}\ \varphi = \frac{I_L}{I}$ $\cos\varphi = \frac{I_R}{I}$

Valore della tensione continua prodotta

La componente continua della corrente non crea alcuna tensione ai capi del circuito $V_O = o$.
Il circuito è sensibile alle sole variazioni di corrente.

Risposta al gradino di corrente continua

Comportamento generale

In seguito al gradino di corrente l'induttore risponde caricandosi secondo le leggi esposte al par. 13.2.

La tensione ai capi del circuito assume per un istante il valore

$$V = R \cdot \Delta I$$

ma la carica dell'induttore la riporta a zero con una rapidità che dipende dalla costante di tempo

$$Z = \frac{L}{R}$$

L'istante in cui inizia il fenomeno è contemporaneo a quello in cui si verifica il gradino.

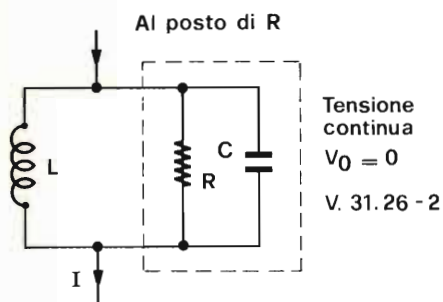
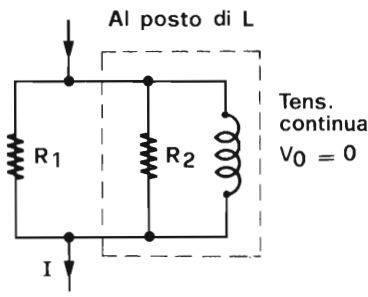
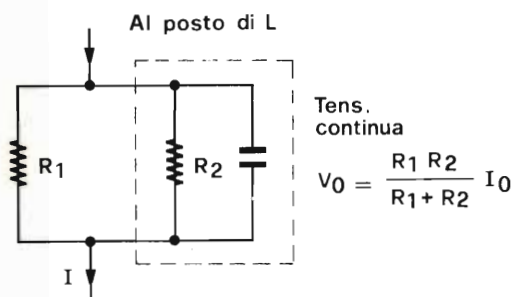
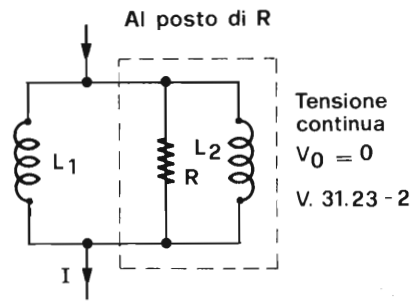
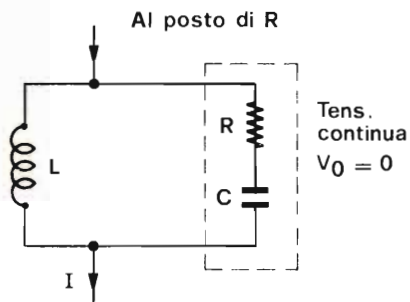
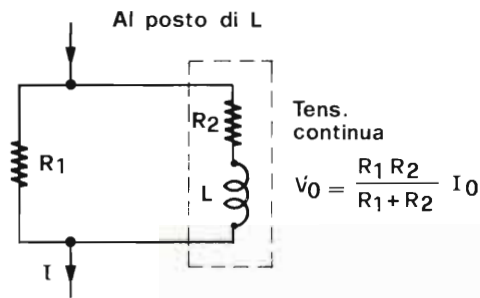
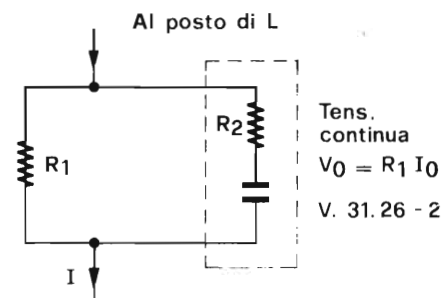
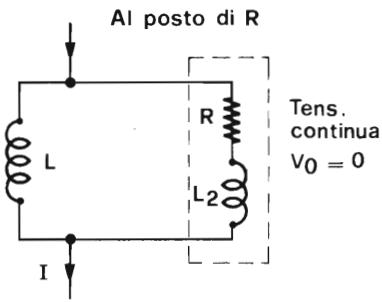
PARTITORE DI CORRENTE R + L

Applicazioni

Questo operatore serve ad alimentare un carico di cui conosciamo l'impedenza e la corrente necessaria, sfruttando una parte di corrente che circola in un circuito.

Gli schemi che qui illustriamo sono già stati trattati in altri argomenti di questo stesso paragrafo e ad essi facciamo riferimento.

I_0 corrisponde alla componente continua della corrente I.

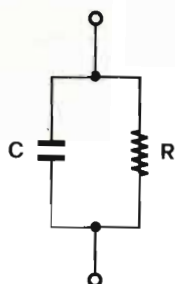
CARICO RC PARALLELO

CARICO RL PARALLELO

CARICO RC SERIE

CARICO RL SERIE

OPERATORE CORRENTE-TENSIONE R + C

Indicazioni generali

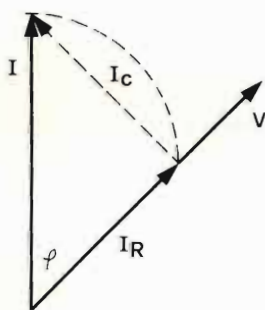
In corrente alternata questo operatore serve a produrre una tensione ai suoi capi sfasata in ritardo rispetto alla corrente che lo attraversa.

In corrente continua esso serve per produrre una tensione ritardata rispetto alle variazioni di corrente.

In presenza di entrambe le correnti serve a produrre una tensione soltanto continua.

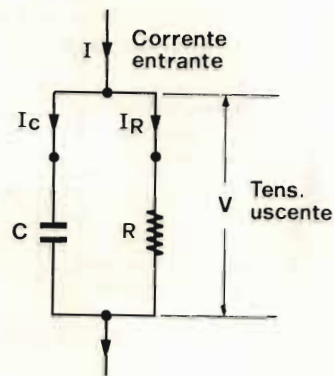
Valore globale dei parametri

in corrente alternata
impedenza in ohm

$$Z = \sqrt{R^2 + X_c^2} \qquad X_c = \frac{1}{\omega C} \qquad \omega = 2\pi f$$

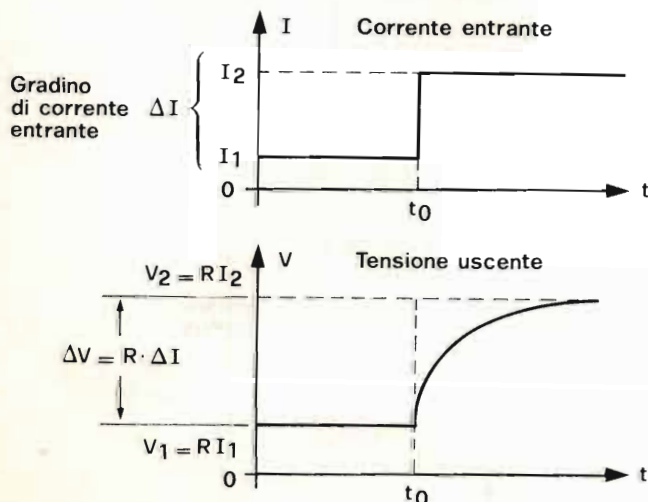
Valore della tensione alternata prodotta

Data una corrente alternata I di frequenza f che attraversa l'operatore RC parallelo

si ottiene ai capi del circuito una tensione V = ZI:

sfasata in ritardo di un angolo φ tale che le componenti I_c e I_R risultino sfasate di 90°, e cioè

$$\text{sen}\ \varphi = \frac{I_c}{I} \qquad \cos \varphi = \frac{I_R}{I}$$

Valore della tensione continua prodotta

La componente continua della corrente crea una tensione che dipende unicamente dal valore della resistenza e cioè $V_0 = R \cdot I_0$

Risposta al gradino di corrente continua

Comportamento generale

In seguito al gradino di corrente il condensatore risponde caricandosi secondo le leggi esposte al par. 13.1.

La tensione ai capi del circuito sale avvicinandosi al valore finale con una rapidità che dipende dalla costante di tempo τ = RC.

L'istante in cui inizia il fenomeno è contemporaneo a quello in cui si verifica il gradino.

★

PARTITORE DI CORRENTE R + C

Applicazioni

Questo operatore serve ad alimentare un carico di cui si conoscano l'impedenza e la corrente necessaria, sfruttando una parte della corrente che circola in un circuito.

Gli schemi che qui illustriamo sono già stati trattati in altri argomenti di questo stesso paragrafo e ad essi facciamo riferimento.

I_0 corrisponde alla componente continua della corrente I.

CARICO RC PARALLELO

Al posto di R

Al posto di C

CARICO RL PARALLELO

Al posto di R

Al posto di C

CARICO RC SERIE

CARICO RL SERIE

Al posto di R

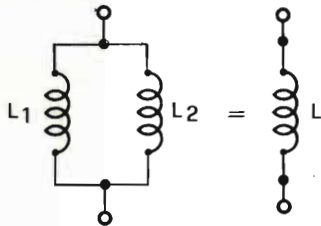
Al posto di C

OPERATORE CORRENTE-TENSIONE

Indicazioni generali

L'operatore corrente-tensione costituito da due induttori in parallelo, si comporta come un unico induttore di valore equivalente, di cui riassumiamo il comportamento.

Esso serve generalmente a produrre una tensione ai capi dell'induttore equivalente a spese ed in funzione della corrente che lo attraversa. Questa tensione è sempre in anticipo.

Valore globale dei parametri

induttanze in henry

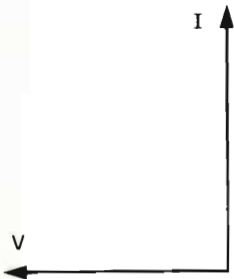
$$L = \frac{L_1 L_2}{L_1 + L_2}$$

reattanze in ohm

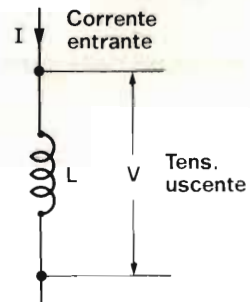
$$X_L = \frac{X_1 X_2}{X_1 + X_2}$$

$X_L = \omega L$

$\omega = 2 \pi f$

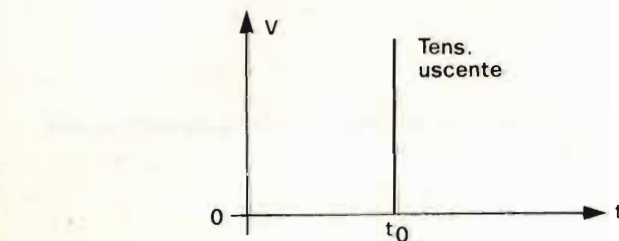
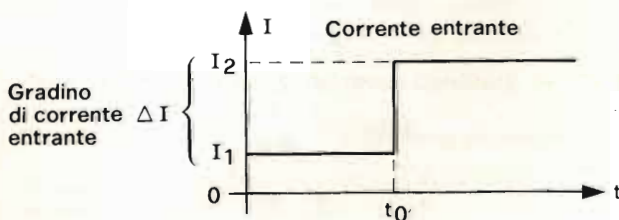
Valore della tensione alternata prodotta

Data una corrente alternata I di frquenza f, che attraversa l'induttore equivalente L si ottiene ai capi dell'induttore una tensione

$$V = X_L I$$

sfasata in anticipo di 90° ($\frac{\pi}{2}$ rad) rispetto alla I.

Valore della tensione continua prodotta

La componente continua della corrente che attraversa l'induttore non crea tensione ai capi di esso.

Riassumendo: corrente continua, passa; tensione continua, assente.

Risposta al gradino di corrente continua

Comportamento generale

Il valore istantaneo della tensione (in volt) dipende dalla rapidità con la quale si verifica il gradino di corrente; più breve è l'istante e più alta è la tensione

$$V = L \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

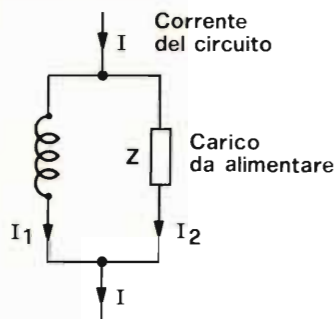
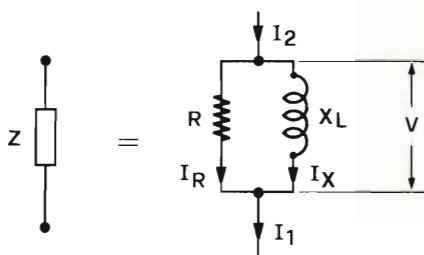
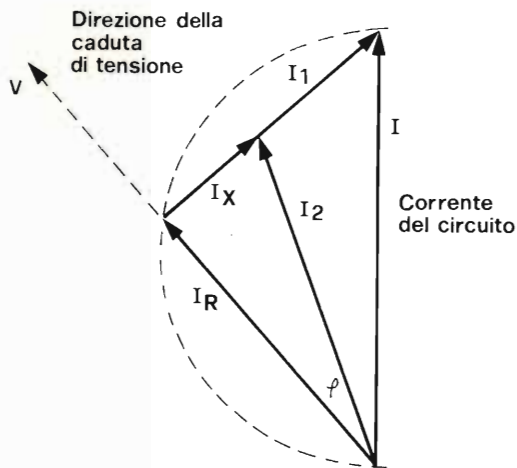
L'istante in cui si verifica il guizzo di tensione è contemporaneo a quello in cui si verifica il gradino di corrente.

La tensione è positiva se il gradino è in aumento; è negativa se il gradino è in diminuzione.

PARTITORE DI CORRENTE L+L

Applicazioni

Questo operatore serve ad alimentare un carico di cui si conoscono l'impedenza e la corrente necessaria, sfruttando una parte della corrente che circola in un circuito, quando il carico non è interessato alla componente continua della corrente.

Schema del circuito

valori equivalenti del carico

Impedenza del carico

$Z = \frac{1}{Y}$

Conduttanza

$G = \frac{1}{R}$

B sen φ

φ

Z cos φ

$B = \frac{1}{X_L}$

Y

Suscettanza

Ammettenza del carico

Nel circuito parallelo le correnti sono proporzionali alle ammettenze e alle loro componenti

Diagramma vettoriale delle correnti

Questo circuito rende inevitabile ce la caduta di tensione sia sfasata rispetto alla corrente, per qualunque valore del carico.

È evidente che la realizzazione è possibile solo se la corrente I del circuito è maggiore di quella I_2 del carico che si vuole alimentare.

$$I_2 = \frac{V}{Z}$$

$$I_R = \frac{V \cdot R}{Z^2}$$

$$I_X = \frac{V \cdot X_L}{Z^2}$$

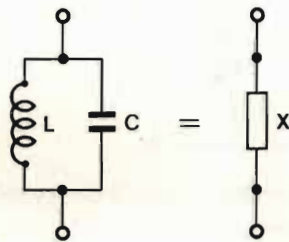
Osservazione

Valori molto alti della induttanza L tendono a diminuire la corrente I_1 e ad interessare sempre più il carico alla componente alternata della corrente.

OPERATORE CORRENTE-TENSIONE L+C

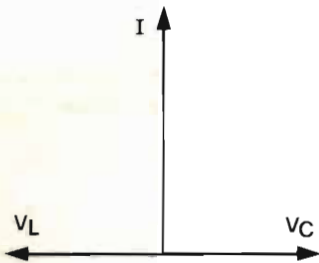
Indicazioni generali

L'operatore corrente-tensione costituito da un induttore e da un condensatore in parallelo si comporta da induttivo o da capacitivo a seconda di quale reattanza prevalga in funzione dei parametri e della frequenza. A parte il suo funzionamento come circuito oscillante per il quale si è fatta una trattazione separata (par. 13.9), esso serve generalmente a produrre una tensione ai suoi capi in funzione della corrente che lo attraversa. Questa tensione può assumere valori diversi e fasi in anticipo o in ritardo.

Valore globale dei parametri

reattanza in ohm

$X = X_L - X_C$ $\quad X_C = \omega L \quad X_C = \dfrac{1}{\omega C} \quad \omega = 2\pi f$

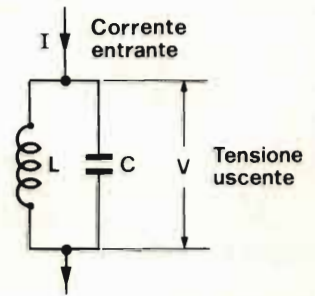
Prevale la reattanza induttiva X_L
o la reattanza capacitiva X_C
o nessuna ($X_L = X_C$ risonanza)

Valore della tensione alternata prodotta

Data una corrente alternata I di frequenza f, che attraversa l'operatore LC parallelo

si ottiene ai capi del circuito una tensione

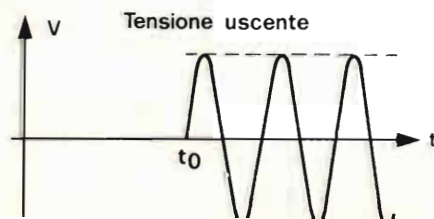
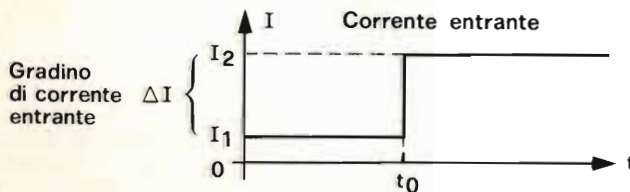
$$V = XI$$

sfasata in anticipo o in ritardo di 90° ($\pi/2$ rad) rispetto alla I a seconda che prevalga la X_L oppure la X_C.

In caso di risonanza la tensione diventa in teoria infinitamente grande: in pratica si annulla la corrente I.

Valore della tensione continua prodotta

Poichè la componente continua della corrente attraversa l'induttore senza creare tensione ai capi di esso, per l'intero operatore non è presente componente continua della tensione.

Riassumendo: corrente continua, passa;
tensione continua, assente.

Risposta al gradino di corrente continua

Comportamento generale

Il gradino di corrente carica il circuito che si mette a oscillare alla frequenza propria di risonanza e con una ampiezza massima $V_M = X \cdot \Delta I$

L'istante in cui inizia il fenomeno è contemporaneo al verificarsi del gradino.

PARTITORE DI CORRENTE

Applicazioni

Questo operatore serve ad alimentare un carico di cui si conoscano l'impedenza e la corrente necessaria, sfruttando una parte della corrente che circola in un circuito.
Si esaminano alcuni casi in condizioni di risonanza a seconda della composizione del carico.

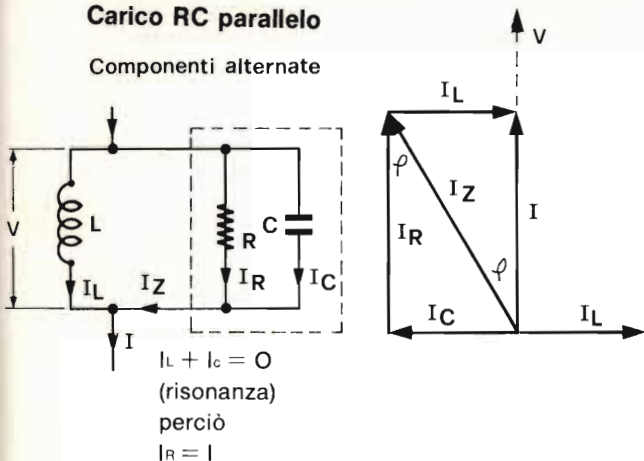
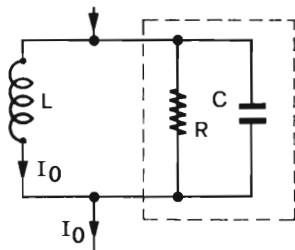
Carico RC parallelo

Componenti alternate

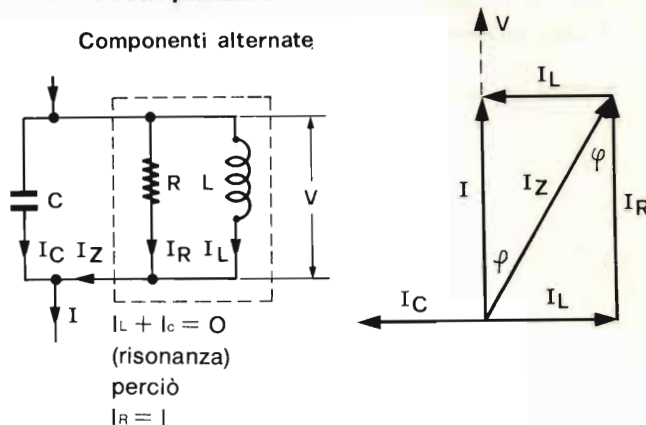
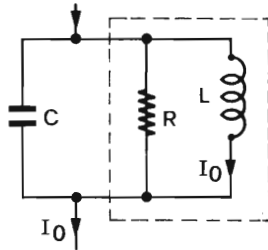
IL + IC = O (risonanza) perciò IR = I

Carico RL parallelo

Componenti alternate

IL + IC = O (risonanza) perciò IR = I

Componenti continue

La I0 passa "indisturbata attraverso L, perciò

il carico non è interessato dalla corrente I0

non c'è tensione continua al carico

Componenti continue

La I0 attraversa la componente induttiva del carico e comunque

non c'è tensione continua ai capi del carico

Carico RC serie

Componenti alternate

IL + IZ sen φ = O (risonanza) perciò IZ cos φ = I

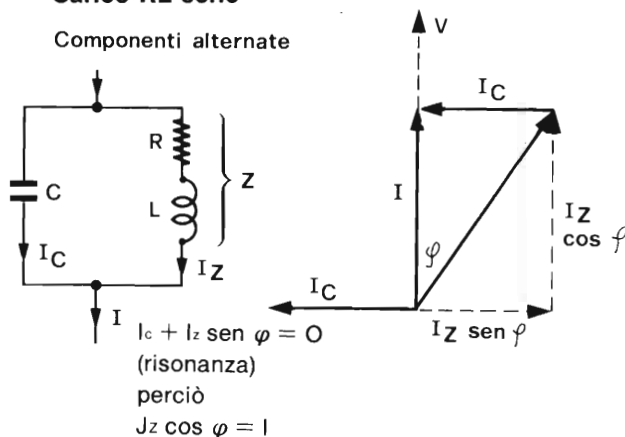
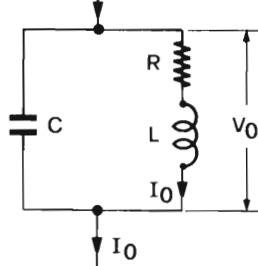
Carico RL serie

Componenti alternate

IC + IZ sen φ = O (risonanza) perciò JZ cos φ = I

Componenti continue

La I0, passa "indisturbata attraverso L ed inoltre non potrebbe comunque passare attraverso C perciò

il carico non è attraversato da corrente continua e non c'è tensione ai suoi capi

Componenti continue

La I0 attraversa solo il carico e

si forma una tensione ai suoi capi di valore

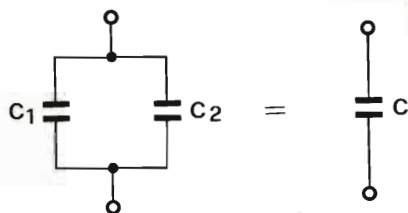
$$V_0 = R I_0$$

OPERATORE CORRENTE-TENSIONE

Indicazioni generali

L'operatore corrente-tensione, costituito da due condensatori in parallelo, si comporta come un unico condensatore di valore equivalente, di cui riassumiamo il comportamento.

Esso serve generalmente a produrre una tensione ai capi del condensatore equivalente a spese ed in funzione della corrente che lo attraversa. Questa tensione è sempre in ritardo.

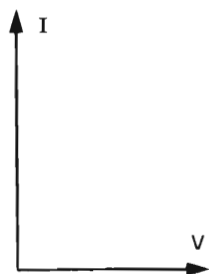
Valore globale dei parametri

Capacità in farad

$$C = C_1 + C_2$$

reattanze in ohm

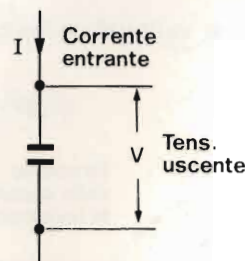
$$X_C = \frac{X_1 X_2}{X_1 + X_2}$$

$$X_C = \frac{1}{\omega C} \quad \omega = 2 \pi f$$

Valore della tensione alternata prodotta

Data una corrente alternata I di frequenza f, che «attraversa» il condensatore equialente C,

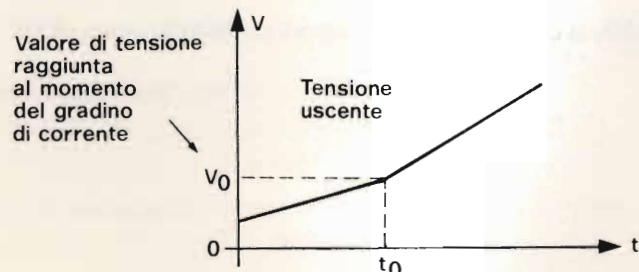
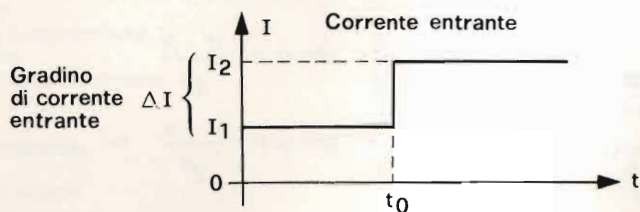
si ottiene ai capi del condensatore una tensione

$$V = X_C I$$

sfasata in ritardo rispetto alla I di 90° ($\pi/2$ rad)

Valore della tensione continua prodotta

Mancando la componente continua della corrente che «non passa» attraverso il condensatore, la componente continua della tensione sarà presente interamente ai capi del condensatore.

Riassumendo: corrente continua, non passa
tensione continua, presente

Risposta al gradino di corrente continua

Comportamento generale

La rapidità di carica (in volt/secondo) dipende dal valore della corrente entrante (v. 13.3).

Il gradino di corrente fa variare la rapidità con la quale la tensione cresce uniformemente

$$\frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{1}{C} I$$

L'istante in cui avviene la variazione di rapidità è contemporaneo a quello in cui si produce il gradino di corrente.

La rapidità è maggiore ... se il gradino è positivo; è minore ... se il gradino è negativo.

PARTITORE DI CORRENTE C+C

Applicazioni

Questo operatore serve ad alimentare un carico di cui si conoscano l'impedenza e la corrente necessaria, sfruttando una parte della corrente che circola in un circuito.

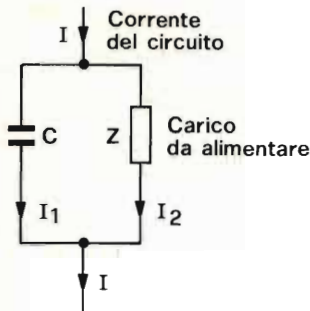
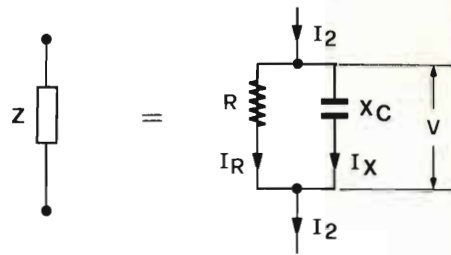
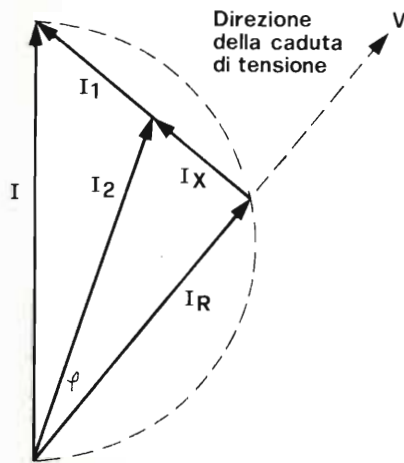
Schema del circuito

Valori equivalenti del carico

Diagramma vettoriale delle correnti

Nel circuito parallelo le correnti sono proporzionali alle ammettenze e alle loro componenti

È evidente che la realizzazione è possibile solo se la corrente del circuito I è maggiore di quella I_2 del carico che si vuole alimentare

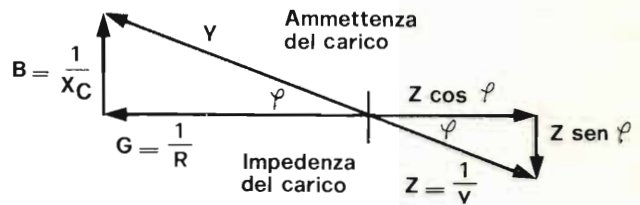
$$I_2 = \frac{V}{Z}$$

$$I_R = \frac{V}{Z} \cos\varphi = \frac{V \cdot R}{Z^2}$$

$$I_X = \frac{V}{Z} \operatorname{sen}\varphi = \frac{V \cdot X}{Z^2}$$

Questo circuito rende inevitabile che la caduta di tensione sia sfasata rispetto alla corrente, per qualunque valore del carico.

Osservazione

Valori molto alti della capacità C tendono ad aumentare la corrente I_1 e ad escludere il carico dalla componente alternata della corrente.

AIUTATECI A SERVIRVI MEGLIO

Caro lettore

abbiamo bisogno della sua collaborazione, perchè non vogliamo accontentarci di constatare il successo degli "Appunti di Elettronica", basandoci soltanto sul soddisfacente conteggio delle copie vendute.

Altri volumi dovranno essere pubblicati per trattare argomenti sempre più addentro nell'Elettronica e noi ci preoccupiamo di essere sempre più chiari nell'esposizione.

La preghiamo pertanto di compilare il questionario (riportato sotto) e di inviarlo in busta affrancata a:

J.C.E. (Appunti di Elettronica)
Via dei Lavoratori, 124
20092 Cinisello Balsamo (MI)

Le opinioni sugli "APPUNTI DI ELETTRONICA"

1) Comune e Provincia di residenza ....

2) Età
☐ 15 ÷ 20
☐ 21 ÷ 35
☐ 36 ÷ 45
☐ oltre i 45

3) Livello di istruzione
☐ Elementare
☐ Media
☐ Superiore
☐ Universitaria

4) Specializzazione scolastica
☐ Elettronica o Radio
☐ Elettrotecnica
☐ Tecnica o Scientifica
☐ Altre

5) Attualmente studente in radio-elettronica
☐ Si — ☐ Diurno ☐ Serale
☐ No — ☐ Per corrispondenza

6) Indipendentemente dalla preparazione scolastica, l'Elettronica per lei è:
☐ Un passatempo (hobby)
☐ Ragione professionale

7) Professione

	tecnico	non tecn.
Operaio	☐	☐
Impiegato	☐	☐
Dirigente o imprenditore	☐	☐
Insegnante	☐	☐
Commerciante o artigiano	☐	☐

8) Giudizio sui volumi

	1	2	3	4	5
Volumi acquistati	☐	☐	☐	☐	☐
Quale il più interessante?	☐	☐	☐	☐	☐
Quale il meno interessante?	☐	☐	☐	☐	☐

9) Giudizio sul metodo di esposizione
☐ Valido ☐ Non valido ☐ Indifferente

10) Giudizio generale
☐ Troppo difficile
☐ Difficile
☐ Adatto
☐ Facile
☐ Troppo facile

11) La preghiamo di trascrivere il codice di alcuni fogli fra:
I più incomprensibili ☐☐ ☐☐ ☐
☐☐ ☐☐ ☐
☐☐ ☐☐ ☐
Quelli che le hanno chiarito dei concetti ☐☐ ☐☐ ☐
☐☐ ☐☐ ☐
☐☐ ☐☐ ☐

12) Osservazioni, suggerimenti, critiche
....
....
....
....
....
....

ASSICURATEVI
LA RACCOLTA COMPLETA

Con questo quinto volume della collana "Appunti di Elettronica" destinata a chi vuole saperne di più... senza esagerare e per chi vuole tentare di capire con conoscenza di causa il linguaggio ermetico degli iniziati.
L'autore continua la sua trattazione intesa in un inquadramento sistematico dell'elettronica.
In questo volume, come nei successivi, si analizzano i circuiti elettronici riducendoli a dispositivi operatori elementari che presentano due terminali per l'ingresso del segnale e due terminali per l'uscita del medesimo, modificato dal dispositivo.
Questi dispositivi sono gli stessi che i matematici chiamano quadripoli, la cui teoria però per il momento non viene trattata.
Osservando invece i circuiti che formano questi dispositivi operatori ci si accorge che tutti sono costituiti da semplici partitori di tensione che assolvono le varie funzioni a seconda degli elementi del circuito che vi vengono impiegati.